صنعت آبکاری

فصلنامه آموزشی، خبری و پژوهشی

Electroplating Industry Magazine

۸۵ سال بیست و پنجم ـ پاییز ۹۶ ـ ۱۰۸ صفحه ـ ۴۰۰۰ تومان ۸۵

مطالب این شماره:

- بحران بی تفاوتی
- آشنایی با انواع آند نیکل
- آب و تاثیر کیفیت آن روی آبکاری
- مروری بر بررسی سطوح فوق آب گریز پوشش های نانو کامپوزیت

گزارش اصلی

آبکاری و عینک

گروه کارخانجات آبکاری عارفی

شرکت نیکل گستر

شرکت نوکیان

نشریه صنعت آبکاری

شرکت شیمیایی جهانتاب

شرکت نیکاب شیمی

صنایع آبکاری مینا

کارخانه آبکاری کانینگ

نشانی: تهران، میدان رسالت، پشت مسجد رسول، خیابان کریمی، پلاک ۲۰، واحد ۱و۴ کد پستی: ۱۶۷۶۶۵۳۸۱۴
تلفن: ۷۷۲۴۰۶۲۲ – ۷۷۲۴۰۶۲۳ – ۷۷۸۰۷۳۰۲ – ۷۷۲۴۷۶۷۹ – ۷۷۲۴۷۶۸۰ – ۷۷۲۴۷۶۸۵ – ۷۷۲۴۷۶۹۰ – ۷۷۲۴۷۶۹۵
فکس: ۷۷۲۲۴۱۵۹
تلفن همراه: ۰۹۱۲۸۴۴۸۷۵۳ – ۰۹۱۲۳۸۰۶۸۹۰
سرویس پیامک: ۱۰۰۰۰۱۲۳۱۰۰۰۰
وب سایت: www.nickelgostar.com
پست الکترونیک: info@nickelgostar.com

نیکل گستر
Nickel Gostar
مواد اولیه، تجهیزات و دانش آبکاری، تصفیه آب و پساب

نشانی: تهران، میدان رسالت، پشت مسجد رسول، خیابان کریمی، پلاک ۲۰، واحد ۱و۴ کد پستی: ۱۶۷۶۶۵۳۸۱۴
تلفن: ۷۷۲۴۰۶۲۲ – ۷۷۲۴۰۶۲۳ – ۷۷۸۰۷۳۰۲ – ۷۷۲۴۷۶۷۹ – ۷۷۲۴۷۶۸۰ – ۷۷۲۴۷۶۸۵ – ۷۷۲۴۷۶۹۰ – ۷۷۲۴۷۶۹۵
فکس: ۷۷۲۲۴۱۵۹
تلفن همراه: ۰۹۱۲۸۴۴۸۷۵۳ – ۰۹۱۲۳۸۰۶۸۹۰
سرویس پیامک: ۱۰۰۰۰۱۲۳۱۰۰۰۰
وب سایت: www.nickelgostar.com
پست الکترونیک: info@nickelgostar.com

گروه کارخانجات آبکاری عارفی

Arefi Plating Group

محصولات

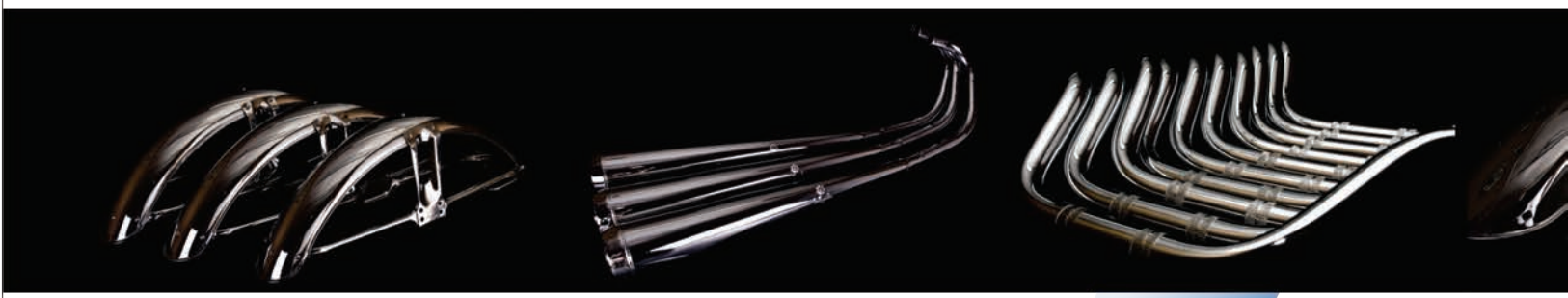
نماینده انحصاری نمد

GAZI KECE

چسب نمد محصول مشترک آلمان و ترکیه

فرچه کنفی Sisal Polish

انواع مواد و افزودنی های آبکاری



علمی آموخته ایم، حرفه ای عمل کرده ایم

خدمات ما

پوشش دهی بر روی انواع فلز براساس استانداردهای بین المللی

الکترولس نیکل،نیکل، کروم، نیکل دوبل، مس، گالوانیزه آلیاژی و...

آبکاری قلع بر اساس استاندارد **ASTM B545**

الکتروپولیش انواع استیل

توانایی اجرای انواع آبکاری بر اساس نیاز مشتری

مشاوره، راه اندازی و نظارت بر واحدهای آبکاری

پرداختکاری سطوح انواع فولاد و آلومینیوم

واردات و عرضه مواد شیمیایی و آبکاری

ارائه خدمات علمی مشاوره ای

ارتباط با ما

دفتر مرکزی: تهران، تهرانپارس، جاده دماوند،
کوچه بعد از معاینه فنی خودرو
بن بست سورفیران پلاک ۱۴۷
کدپستی: ۱۷۴۶۷۳۸۵۱۱
۷۷۷۰۴۱۰۹-۷۷۷۰۴۱۳۹
۷۷۷۴۴۷۸۷
۰۹۳۷۳۰۳۲۹۷۷
Info@arefi.co
آخرین خبرها در وبسایت ما
WWW.AREFI.CO

آبکاری تخصصی

قلع بر روی انواع سر سیم به صورت قرقره

قلع و نقره اتصالات مسی تابلوهای برق

PVD

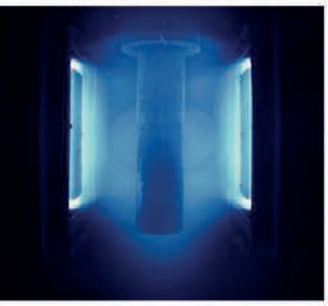
Titanium Coating

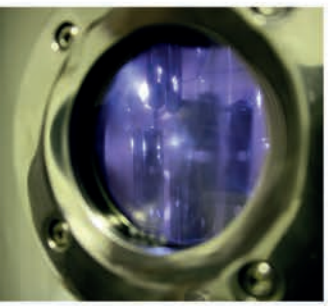
درخشش بی‌سابقه

کالای شما!

- سیستم آبکاری در خلأ
- مقاوم در برابر خط و خش و سایش
- مقاوم در برابر رطوبت
- مقاوم در برابر شوینده ها
- کیفیت و دوام فوق العاده

ایران برنز استیل با بیش از
۴۵ سال سابقه در آبکاری و تولید





این نوع پوشش دهی که تکنولوژی جدید آبکاری می باشد به سیستم پوشش دهی فیزیکی در خلاء یا آبکاری در خلاء نیز معروف اســت. در این نوع از پوشش دهی لایه ای از فلز تارگت (هدف) که معمولاً تیتانیوم ti، زیرکانیوم zr، کرم cr و... می باشد را بــا ایجاد خلاء و ایجاد قوس های الکتریکی بصورت بخــار در آورده و با ایجاد جریان الکتریکی DC و در نتیجه بدست آوردن محیط پلاسما توسط گازهای خنثی و سایر گازها بصورت فیزیکی لایه نشانی می کند که از کیفیت بسیار بالا و مقاومت بالا در برابر خط و خش و رطوبت وسایش و شوینده های شیمیایی برخوردار است. با استفاده از این تکنولوژی پیشرفته شرکت ایران برنز استیل محصولات کلاسA خود را با ۲۵ سال گارانتی به بازار ارائه می نماید.

تعدادی از صنــایع مرتبط:

این سیســتم پوشــش دهی که قابل استفاده بر روی اســتیل، برنج وتمامی فلزات، سرامیک، کریستال، شیشه، آینه و پلاستیک می باشد امروزه در صنایع و محصولات بســیاری از جمله: زیورآلات، شیرآلات، سرامیک، کاشی، لوستر سازی، کریستال، اجناس دکوراتیو، دســتگیره پلاک، درب و یراق آلات ساختمانی، اتصالات، صنایع مرتبط با آشــپزخانه، ظروف، ساعت سازی ، موبایل، صنایع خودرو سازی، رینگ ماشــین و تزئینات داخلی و خارجی خودرو و لوازم منزل، قاشــق و چنگال، لوازم جراحی و پزشکی و دندان پزشکی، ابزار آلات، ابزار برش، مته ها و فرز ها، اسباب بازی ها، لوازم آرایشی بهداشتی، کیف و کفش و کمربند، صنایع کامپیوتر و رادیویی و ســخت کاری قالب هــا و ... کاربرد فراوان دارد و کشــورهای پیشــرفته از این تکنولوژی در تولید محصولات خود استفاده می نمایند.

این شرکت دارای نمایندگی انحصاری فروش ماشین آلات بوده و آماده همکاری و مشاوره، خدمات پیمانکاری و فروش ماشین آلات و لوازم یدکی می باشد.

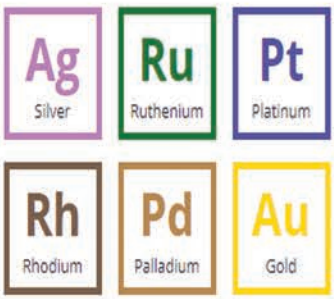
حتمــاً مقایسه نماییــد!

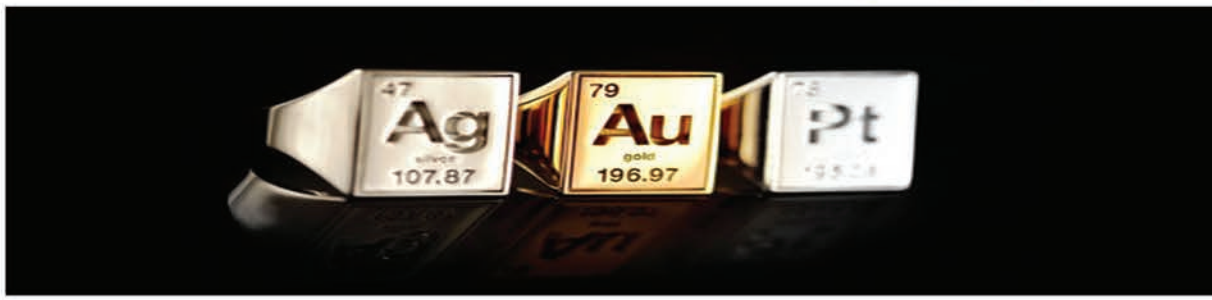
جهت کسب اطلاعات بیشتر

با شماره تلفن: ۳- ۷۷۸۷۶۱۱۲ و همراه: ۰۹۱۲۳۰۶۶۲۰۳ تماس حاصل فرمایید.

یاسین شیمی ققنوس

تولید کننده پیشرو ترکیبات فلزات گرانبها





نمکها ، ترکیبات و افزودنی های آبکاری فلزات قیمتی :

- نمک های طلا(کلرید طلا، سیانورطلا،پتاسیم سیانید مضاعف طلا وپتاسیم تترا سیانیدطلا)
- نمک های نقره(نیترات نقره خالص و فوق خالص ،سیانور نقره وپتاسیم سیانید مضاعف نقره)
- نمک های پالادیوم (کلرید پالادیوم و آمونیوم هگزا کلرو پالادات)
- نمک های پلاتین(هگزا کلروپلاتینیک اسید و پتاسیم هگزا کلروپلاتینات)

محلول ها و افزودنی های آبکاری طلا (آبکاری لحظه ای طلا ، آبکاری میکرونی طلا،آبکاری آلیاژی طلا ،و آبکاری طلا مستقیما برروی استیل)
محلول ها وافزود نی های آبکاری نقره(آبکاری نقره براق و آبکاری میکرونی نقره)
محلول ها و افزود نی های آبکاری پالادیوم، رودیوم و پلاتین (آبکاری زیورآلات و کاربردهای‌خاص)
محلول ها و افزودنی های آبکاری پاششی و براش(طلا ، نقره،و سایرفلزات قیمتی و نیمه قیمتی)
محلول ها، نمک ها و افزودنی های الکتروفرمینگ طلا، نقره و مس

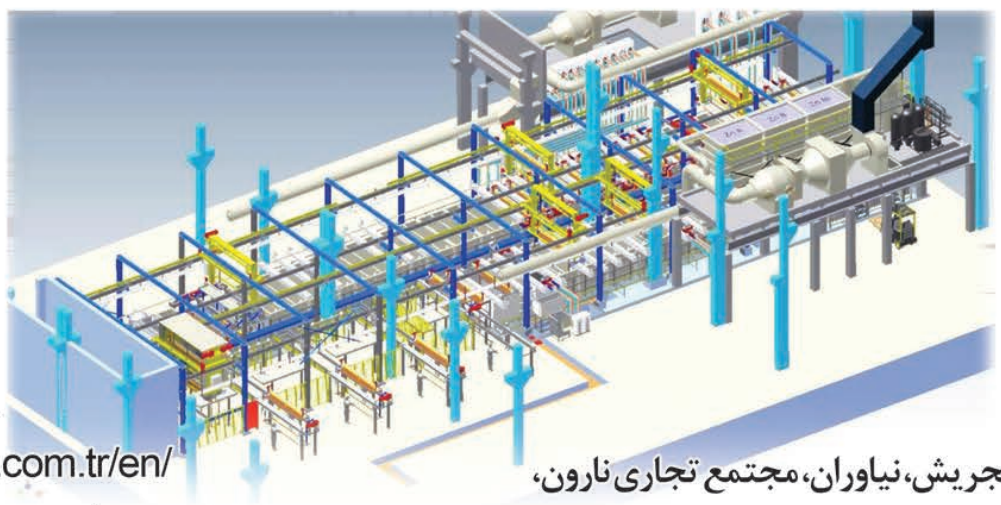
راه اندازی خطوط آبکاری فلزات قیمتی و نیمه قیمتی
تامین تجهیزات و مواد شیمیایی آبکاری فلزات قیمتی و نیمه قیمتی
مشاوره و آموزش آبکاری فلزات قیمتی و نیمه قیمتی

آدرس کارخانه و دفتر :
زنجان ، شهرک صنعتی خرمدره ، خیابان نگین ۹ ، قطعه ۲ ، شرکت یاسین شیمی ققنوس
تلفن : ۹-۰۲۴۳۵۵۸۲۱۰۶ موبایل: ۰۹۱۲۷۴۳۳۳۷۴ فاکس: ۰۲۱۴۲۶۹۵۸۰۱
وبسایت : www.pychemistry.com
ایمیل : h.babaei@pychemistry.com

ETIS Plant Engineering

سیستمها و خطوط کلید - روشن برای انجام آبکاری الکتریکی شامل:

- گالوانیزه و گالوانیزه آلیاژی (خطوط ثابت - گردان و سیستمهای سانتریفیوژ Dip-Spin)
- مس ، نیکل ، کرم و آبکاری برروی پلاستیک
- آندایزینگ (تیپ ۱و۲) و کروماته
- کرم سخت، فسفاته، سیاه کاری، مس و نیکل شیمیایی، الکتروپولیشینگ و KTL (الکتروکوتینگ)



ETIS Ltd.
www.etis.com.tr/en/
etis@etis.com.tr
Tel: +90 (0) 224 483 3535
Fax: +90 (0) 224 483 3633
HOSAB 8. Cd. , 9, TR-16370, Bursa – Turkey

آدرس دفتر:
تهران، میدان تجریش، نیاوران، مجتمع تجاری نارون،
طبقه سوم، واحد ۳۰۴
تلفن : ۲۶۱۰۳۹۶۳ و ۲۶۱۰۳۹۶۴
موبایل: ۰۹۱۲۷۴۳۳۳۷۴
ایمیل: hamid.babaei@etis.com.tr

FlexKraft™

OVER 10000 INSTALLATIONS WORLDWIDE.

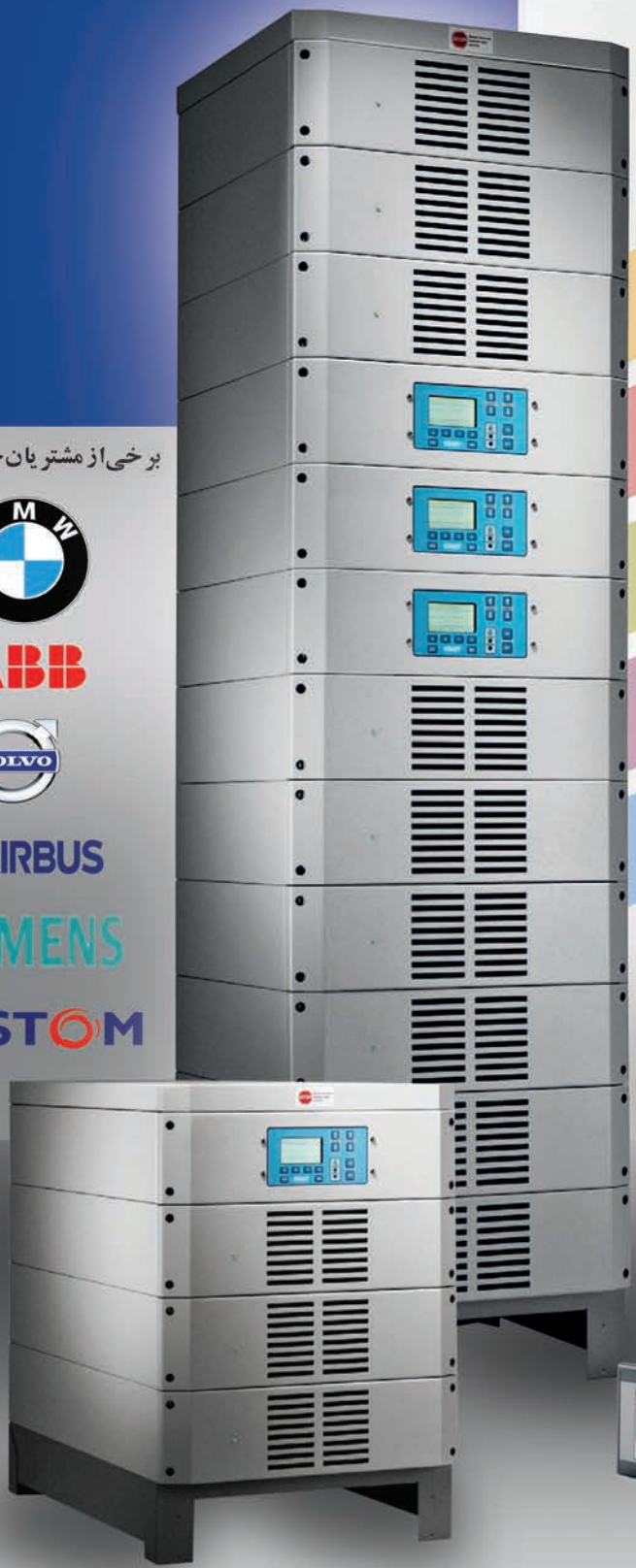
KRAFT POWERCON

رکتیفایر جریان بالا

مناسب برای آبکاری های تخصصی و با کیفیت

در فرایندهای مداوم و بدون وقفه

- کاهش هزینه انرژی تا میزان ۴۰ درصد
- قابلیت برنامه پذیری و کنترل از راه دور
- قابلیت تولید پالس و تغییر قطب
- قابلیت افزایش تدریجی جریان
- دقت بالای جریان تا ۰٫۱ آمپر



برخی از مشتریان جهانی

BMW

ABB

VOLVO

AIRBUS

SIEMENS

ALSTOM

NOKIAN

سروش نوآوران کیان

نماینده انحصاری شرکت KRAFT POWERCON سوئد

آدرس: تهران - میدان نوبنیاد
کوهستان پنجم - پلاک ۴
ساختمان غزال- طبقه ۳ واحد ۷
تلفن: ۰۲۱ - ۲۲۸۱۴۰۳۰
۰۲۱-۲۲۲۹۰۸۲۵
۰۲۱-۲۶۱۱۰۹۴۱
فکس: ۰۲۱-۲۲۲۹۰۷۹۳
info@nokiantrading.com
www.nokiantrading.com

پذیرش محدود نمایندگی در شهرستان‌ها

فلزاب

فلزاب کارمایه فناوری محیط زیست

مواد سبز برای تصفیه آب و پسابهای صنعتی

بر اساس مقررات REACH

تهران- خیابان سپهبد قرنی -کوچه شهید حقیقت طلب- پلاک ۱۵

تلفن: ۸۸۸۹۵۰۱۳ (۱۵ خط) فکس: ۸۸۸۹۱۳۱۲

www.felezab.com environment@felezab.com

یک تخصص

COVENTYA

فعالیت منحصر بفرد شما نیازمند راه حل های منحصر
یک فهرست کامل محصولات ضد زنگ قابل تطبیق خود را در کیفیت
می تواند رضایت مشتریان گرامی ما را جلب نماید . بدین دلیل متخصصین
در همه مراحل خط آبکاری راه حل

ZETAFOR

روی - کبالت % 0.8

- کاربرد مستقیم روی قطعات ریخته گری شده

PERFORMA 269 - 260

روی - آهن % 0.6

- ضد زنگ
- پذیرا کروماته مشکی

۳_ کروماته (CR^6) و پاسیویته (CR^3)

FINIDIP 100
LANTHANE TRIAZUR
AQUAVERT ZINTHIUM
FINIDIP 300 / 500

کروماته ۳ ظرفیتی (CR^3)

- زرد و مشکی
- آبی و نقره ای

کروماته ۶ ظرفیتی (CR^6)

- زرد و سبز
- مشکی

۴_ پوشش های حفاظتی بعد از آبکاری و پاسیوته

FINIGARD / ZINTHIUM / LANTHANE

- ضد زنگ
- ضد سایش
- مقاومت در برابر دمای بالا
- مقاومت بالا در کاربرد صنعتی
- قابلیت خود ترمیمی

FINITION BS

- ضد سایش
- باید همراه با کروماته ها یا مراحل دیگر پوشش های حفاظتی بعد از آبکاری استفاده شود

دوستانه

شرکت زر پوشش مهر
Metal Finishing
ZPM

شرکت زر پوشش مهر

نماینده انحصاری شرکت COVENTYA ساخت فرانسه

آدرس : جاده ساوه ، شهرک صنعتی چهاردانگه خیابان بیست و یکم
پایین تر ازمیدان تجارت خیابان دانش جنوبی، خیابان ۲۲/۵ غربی (برق)
پلاک ۴۹ و ۵۱

تلفن : ۵۵۲۷۴۱۶۰ — تلفکس : ۵۵۲۷۴۱۶۱
۰۹۱۲۱۸۳۳۳۹۲ — ۰۹۱۲۱۹۸۴۲۳۱—۰۹۱۲۳۸۷۸۶۵۸

zpm_ltd@yahoo.com

بفرد می باشد . شرکت COVENTYA در اثر دارا بودن نتیجه نهایی شریک می داند . فقط استمرار در پیشرفت فن آوری شرکت COVENTYA با امکانپذیر ساختن جلوگیری از آلاینده های اصلی برای مشکلات زمان حال ارائه می دهد.

۱_ آماده سازی

PRELIK/PRESOL — محصولات چربیگیری

1000 + AB , 7000 , 1700 □□□

فرآیند های جدید مناسب برای محیط زیست :
- DCO ضعیف
- بدون ترکیب دهنده های خطرناک برای محیط زیست
- بدون مشتقات NONYLPHENOL (نونیل فنول)

PICKLANE — تمیز کننده / فعال ساز

چربیگیری در اسید کلرید ریک

۲_ انواع آبکاری روی (گالوانیزه)

ALCYON — روی سیانور

کاربرد آسان

روی قلیایی بدون سیانور

OKLANE - OKLANE STAR - KALANE - PRIMION
- توزیع یکنواخت فلز
- مقاومت بالای ضد زنگ
- حفاظت از محیط زیست

ZETAPLUS - ZETANIUM — روی اسیدی
- لایه پوشش براق و تزیینی
- پذیرا کروماته آبی
- کاربرد به عنوان لایه زیر برای آبکاری صنعتی

روی - نیکل % 12-15 , % 6-8

ZINALC -PERFORMA 280.5
- مقاومت بالای ضد زنگ
- پذیرا دمای بالا
- انعطاف پذیری بسیار بالا
- عدم اثر شکنندگی در آهن
- ادغام با آلومینیوم

خدمتی دیگر برای صنعت آبکاری ایران

ایران بورد الکترونیک

Website: www.ibe-co.com

شرکت ایران بورد الکترونیک به عنوان نمایندگی رسمی umicore در ایران مفتخر است به اطلاع برساند که **سولفات نیکل** اصل **بلژیک** واردات و آماده‌ی تحویل به صنایع آبکاری کشور و همکاران محترم میباشد

✓ دارای تأییده ی آنالیز شیمیایی ✓ شماره سریال جهت اطمینان از اصالت کالا ✓ قیمت و کیفیت مناسب

شرکت ایران بورد الکترونیک به عنوان نمایندگی رسمی DTH آلمان ، اقدام به واردات مستقیم **اسید کرومیک قزاقستان** نموده و آماده‌ی تحویل به صنایع محترم آبکاری میباشد

✓ قیمت مناسب با کیفیت عالی ✓ قابلیت انحلال سریع ✓ دارای خلوص بالا مطابق با استاندارد JISK1402

Email: info@ibe-co.com تلفن: ۴ - ۵۵۰۳۲۱۳۳

Schlötter
Galvanotechnik

شرکت ایران بورد الکترونیک با در اختیار داشتن آزمایشگاه مجهز و کارشناسان مجرب و ارتباط آنلاین با متخصصین شرکت اشلوتر آلمان انواع خدمات از جمله آنالیز محلولهای آبکاری و کنترل کیفیت پوشش و نیز نمونه زنی قطعات را در خطوط پایلوت در ایران و آلمان را با بالاترین سرعت به صنایع آبکاری ارائه می نماید

شرکت ارژن

ARJAN

Electroless Nickel Plating (ENP)

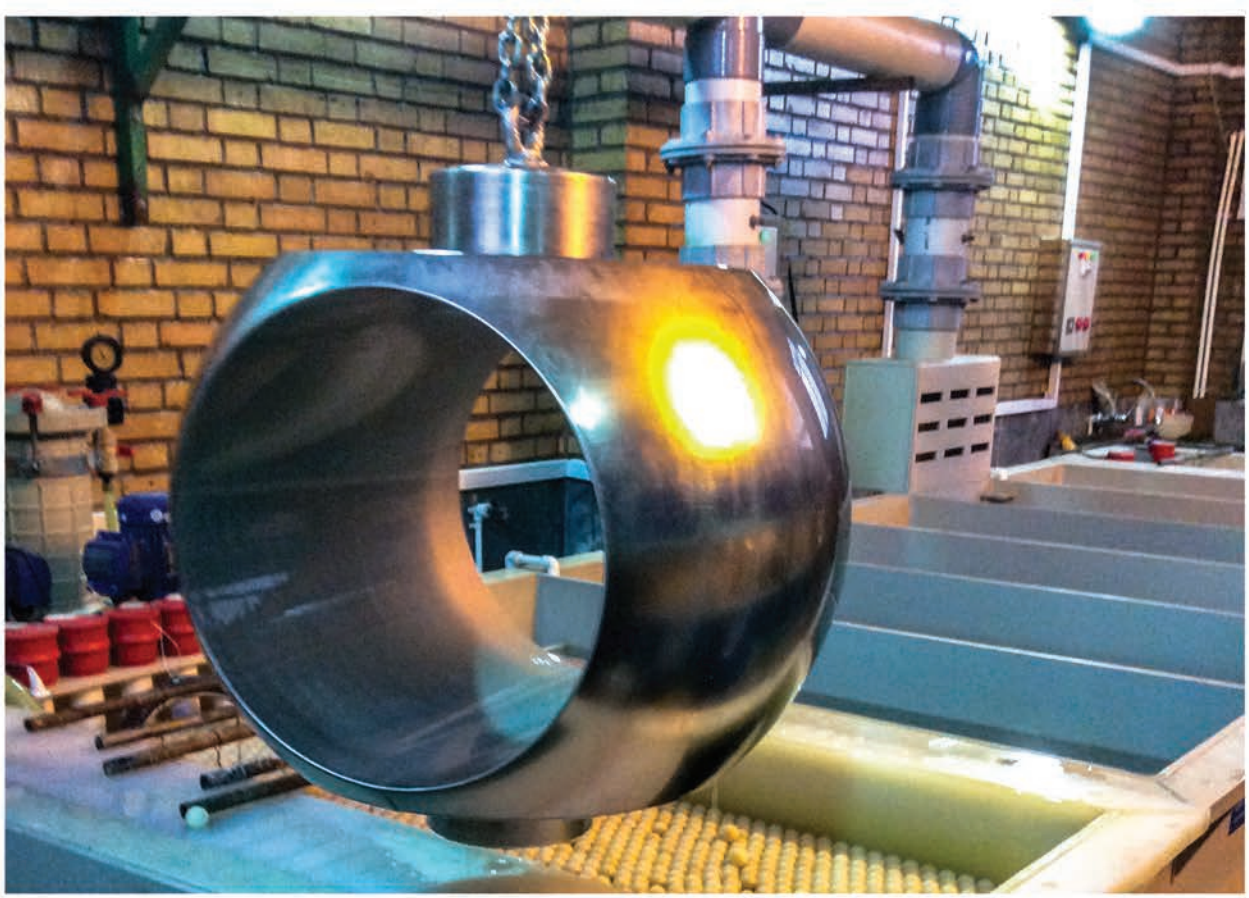
- Uniform Thickness
- High hardness
- Corrosion resistance

الکترولس نیکل

حداکثر مقاومت

در برابر خوردگی و سایش!

- بیش از ۱۵ سال سابقه در ارائه خدمات الکترولس نیکل
- انجام پروسه آبکاری الکترولس نیکل مطابق با استانداردهای ASTM B733 و NACE MR175
- مشاوره و راه اندازی خطوط آبکاری الکترولس نیکل
- فروش مواد آبکاری الکترولس نیکل



شرکت ارژن، تهران، بزرگراه فتح، بعدازشیرپاستوریزه، خیابان فتح یازدهم، گلبن چهارم شرقی، پلاک ٤

تلفن: ۶۶۸۰۴۸۱۷ - ۰۲۱-۶۶۸۱۳۹۹۱ فکس: ۰۲۱-۶۶۷۹۹۹۳۸

www.arjangroup.net

تکنیکی و الکترونیکی فیروزیان

انواع ترانسفورمر رکتیفایر آبکاری و حفاظت کاتدیک بر اساس سفارش

تکنیکی و الکترونیکی فیروزیان با بیش از ۴۵ سال سابقه درخشان در ساخت ترانسفورمر رکتیفایر آبکاری و حفاظت کاتدیک
با بهترین کیفیت و برترین خدمات پس از فروش در خدمت صنایع آبکاری ایران

برای اولین بار در ایران

● ترانسفورمر رکتیفایر تمام اتوماتیک
مخصوص هارد آنودایزینگ
با قابلیت برنامه‌ریزی

● ترانسفورمر رکتیفایر اتوماتیک
مخصوص آبکاری کروم
برای بالا بردن کیفیت قطعه آبکاری شده

● ترانسفورمر رکتیفایر هوشمند آبکاری با امکان برنامه ریزی و با قابلیت اتصال به PLC

نشانی : تهران ، نارمک ، خیابان دردشت ، بالاتر از کوچه ۵۴ ، پلاک ۱۱۴
تلفن : ۷۷۹۰۹۶۹۶ - ۷۷۹۱۱۶۵۱ فاکس : ۷۷۹۱۸۱۵۸
WWW.FIROUZIAN.COM
INFO@FIROUZIAN.COM

GROWEL
SINCE 1957
Grauer & Weil (India) Limited

آوا پوشش پارسیان
aVa
Pooshesh Parsian

آبکاری نه تنها حرفه ماست بلکه بخشی از تاریخ ، هنر و فرهنگ ماست

نماینده انحصاری گرووِل در ایران

افزودنیهای آبکاری، تجهیزات، روغنهای صنعتی ، رنگها

شرکت گرووِل به عنوان یکی از بزرگترین تولید کنندگان مواد و تجهیزات شیمیایی و آبکاری با طیف وسیعی از محصولات قابل رقابت با بهترین محصولات جهان در خدمت صنایع شیمیایی و آبکاری می باشد.

www.avapooshesh.ir

info@avapooshesh.ir

با بیش از ۴۰ سال تجربه در صنعت آبکاری همراه با شرکت گرووِل با قدمتی ۶۰ ساله در کنار شما هستیم

- ارایه دهنده کلیه نمکهای آبکاری ، مواد پایه و فلزات (سولفات قلع با کیفیت عالی)
- تولید انواع مواد زنگ زدا ، چربیگیر و کروماته با بالاترین کیفیت
- ارایه خدمات آزمایشگاهی ، رفع عیب و مشاوره واحد های صنعتی
- راه اندازی کلیه خطوط آبکاری فلزات با نظارت مستقیم کارشناسان گرووِل
- لاک الکتروفورتیک - نیکل الکترولس

تهران، خیابان دماوند، ابتدای جاده آبعلی، جنب بانک اقتصاد نوین، ساختمان گنج افروز، طبقه اول، واحد ۶
۷۷۳۴۹۱۹۰
۷۷۳۳۹۰۹۱
۰۹۲۱۱۲۶۰۲۴۱

بسم الله الرحمن الرحیم

صنعت آبکاری

فصلنامه آموزشی خبری و پژوهشی

سال بیست و پنجم/ شماره۸۵/ پاییز ۹۶

زمینه: فنی . مهندسی

روش: آموزشی . خبری . پژوهشی

ترتیب انتشار: فصلی

صاحب امتیاز، مدیرمسوول و سردبیر: :
عبدالحمید سیفی نهاوندی
قایم مقام سردبیر: فاطمه پالیزبان
همکاران این شماره:
شاهین خامنه اصل، اقبال رستمی، حسین سیفی نهاوندی، پیام صمدی، امید عطایی، محمدرضا فرزین نیا، سمیه یوسفی مشهور
هماهنگی و صفحه آرا: سعیده بختیار
بازرگانی: محسن براتی، فاطمه ذوقی
امور مشترکین: محسن براتی
چاپ و لیتوگرافی: شرکت ایرانچاپ
میرداماد، انتهای نفت جنوبی، ساختمان روزنامه اطلاعات، تلفن:۲۹۹۹۳۴۴۵

نشانی: تهران. خیابان ستارخان. نرسیده به چهارراه خسرو. جنب پاساژ کیش. پلاک۹۸۰. طبقه اول. واحد۳۲
تلفن: ۴۴۳۸۳۲۴۰
نمابر: ۴۴۳۸۳۲۴۰
موبایل:۰۹۱۲۱۲۱۴۴۳۹
www.iranplating.com
leic_ir@yahoo.com

صنعت آبکاری:
مقالات آموزشی، پژوهشی و کاربردی پس از بررسی در بخش های مختلف نشریه به چاپ می‌رسد. مقالات تالیفی و پژوهشی که برای درج در مجله ارسال می‌شود، باید همراه با چکیده‌ی مقاله، اصل شکل‌ها، نمودارها، مراجع و جزییات کامل باشد.
مقالات یا مطالب رسیده قبل از چاپ به تایید نویسندگان می‌رسد. مقالات و مطالب ارسالی مسترد نمی‌شود و در آرشیو نشریه بایگانی خواهد شد. نقل از محتوای نشریه‌ی آبکاری با اجازه‌ی کتبی از مدیر مسوول نشریه بلامانع است.
نشریه‌ی صنعت آبکاری در انتخاب، ویرایش و تخلیص متون آزاد است.

چرا آبکاری

نشریه صنعت آبکاری ، فصلنامه ای خبری ، آموزشی و پژوهشی است که برای معرفی صنعت آبکاری و نقش آن در توسعه صنعتی و اقتصادی کشور منتشر می شود. در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته از این صنعت به عنوان فن آوری توانمند ساز Enabling Technology برای دیگر صنایع با امکان ایجاد ارزش افزوده بسی‌ار بالا (تا صد برابر) و غیر قابل جایگزین یاد می گردد. بسیاری صنایع از جمله هوا فضا، دفاع، هوایی، کامپیوتر، تلفن همراه، خودرو، انرژی هسته ای، لوازم خانگی، ابزارهای صنعتی، لوازم پزشکی، شیر آلات صنعتی و بهداشتی، لوستر، شمعدان، یراق آلات، کلید، پریز، آنتیک، طلا و نقره، بدلیجات، وسایل آشپزخانه، قالب سازی، نساجی، کریستال، سلول های خورشیدی و ... وابسته به صنایع آبکاری می باشند.
این صنعت همانطور که بیان شد نه تنها از اهمیت خاصی در جهان امروزین برای توسعه صنعتی و اقتصادی برخوردار است بلکه گذشته سرشار از احترام برای ما ایرانیان دارد. بر اساس کاوش های باستان شناسی و مطالعات و تحقیقات انجام گرفته در سطح جهان ، ایرانیان دوره اشکان (پارتیان) قادر بودند با باطری اختراعی خود در بیش از ۲۰۰۰ سال قبل ، انواع آبکاری های تزیینی را بر روی مصنوعات فلزی که امروزه زینت بخش بسیاری از موزه های جهان هستند را انجام دهند که این خود افتخاری دیگر برای مردم این سرزمین می باشد.
این نشریه بنابر اهمیت بی بدیل این صنعت و تاریخچه شگفت انگیز و پرافتخار آن ، رسالت خود را ترویج همه جانبه این صنعت قرار داده است و در این راه دست خود را به سوی همه اساتید ، متخصصان ، مدیران و دیگر فعالانی که اهمیت این صنعت را در توسعه ملی و رفاه مردم کشوردرک کرده اند برای دریافت پیشنهادات و همکاری دراز می کند.

فهرست مطالب

یادداشت سردبیر
بحران بی تفاوتی ۳

گزارش اصلی
عینک و آبکاری ۴

گزارش تصویری
سیمای آبکاری ۱۹

علمی
مروری بر بررسی سطوح فوق آب گریز
پوشش های نانو کامپوزیت ۲۰

فهرست مطالب

کنترل افزودنی های محلول های آبکاری — علمی — ۲۸

آبکاریران ۹۶ — گزارش — ۳۴

آبکاری روی — علمی — ۳۶

آشنایی با اجزای تشکیل دهنده وان آبکاری نیکل — علمی — ۵۱

آبکاری برنج — علمی — ۵۴

آب و تاثیر کیفیت آن بر روی آبکاری — علمی — ۵۸

آشنایی با انواع آندهای نیکل — علمی — ۶۰

فرم اشتراک — مشاوره و پیشنهاد — ۶۳

سازمان آگهی ها — ۶۴

سخن سردبیر

بحران بی تفاوتی

در حال حاضر با دو گونه بحران روبرو هستیم . بحرانِ هایی چون کمبود و آلودگی آب، آلودگی خاک ، آلودگیَ هوا ، از بین رفتن جنگل ها و نظایر آن ، که آن ها را گونه اول بحران ها نامیده و با اینکه آن ها را با رگ و پوستمان حس می کنیم و می دانیم سلامت و حیات خود ، خانواده و نسل های آینده در خطر است متاسفانه واکنش مناسب و عملی درخور توجه و مناسبی به آن ها نشان نمی دهیم.
گونه دوم و مهم تر و البته خطرناک تر، همین بی تفاوتی ذکرشده، نسبت به سرنوشتمان است که موجب به وجود آمدن سایر بحران ها است. دلیل وعامل بحران بی تفاوتی به عنوان مادردیگربحران های اجتماعی، عدم همدلی راستین و مشارکت افراد در فعالیت های اجتماعی و رعایت حقوق شهروندی می باشد که از نظر اندیشمندان حوزه های اخلاق اجتماعی، علوم اجتماعی، روانشناسی اجتماعی، جامعه شناسی شهری، ارتباطات و مردم شناسی اجتماعی ، نشانه بحران در رفتار، خرد جمعی و فرهنگ است و تنها راه حل آن، تقویت احساس تعلق فرد به کلیت جامعه ، تعهد نسبت به سرنوشت جمعی و افزایش روحیه مشارکت و همگرایی اجتماعی است.
اگر ما کشوری پیشرفته و سبز آرزو داریم و می خواهیم بحران هایی مانند بحران های نوع اول زمینگرمان نکند ، چاره ای جز حضور و مشارکت موثر درفعالیت های اجتماعی و همکاری دسته جمعی نداریم . البته این حضور می باید از روی علاقه و با هدف خدمت رسانی و ارتقا کیفیت زندگی همنوعان باشد. در اهمیت مشارکت اجتماعی و مسوولیت پذیری همین بس ، که درمبحث توسعه پایدار از آن به عنوان مهمترین شاخص پیشرفت کشورها یاد می شود ، حضور و مشارکت و مسوولیت پذیری اجتماعی از مهمترین مولفه های آن عنوان شده است.
فعالان صنعت آبکاری در حال حاضر با چالش های جدی درگیرند و پیش بینی می گردد در آینده نزدیک حجم این چالش ها بیشتر و با بحران های جدید تری هم روبرو شوند. با توجه به تجربه جهانی راه برون رفت از این مشکلات و بحران ها ، همدلی همه فعالان با یکدیگر و حضور موثردر تشکل ها و همکاری در فعالیت های فرهنگی ، علمی و آموزشی می باشد. هر فردی با هر سطحی از توانایی مالی ، دانش ، نفوذ و ...که دراختیار دارد بایستی حضوری فعال داشته و از انجام این مهم کوتاهی نکند. در غیر این صورت شرایط برای اکثر فعالان صنعت آبکاری بسیار سخت تر خواهد گردید.

عینک و آبکاری

حمید سیفی

هرچند استفاده ازانواع عینک طبی، آفتابی، ورزشی، ایمنی، هوشمند ... بسیارفراگیر و حتی به صورت مد در آمده است اما مردم اطلاع کافی از اهمیت تاریخی عینک درشکوفایی وتوسعه دانش، هنرو صنعت ندارند. اگر عینک اختراع نشده بود بسیاری از دانشمندان، هنرمندان وصنعتگران از دوران گذشته تا امروز، به علت مشکلات بینایی همچون نزدیک بینی و دوربینی که به صورت طبیعی و از حدود سن چهل سالگی عارض می شود قادر به ادامه مطالعات، تحقیقات و ثبت فعالیت های علمی ،هنری و صنعتی خود که امروزه ما از آن ها بهره می گیریم نمی شدند وسطح زندگی و دانش بدین مکان رفیع نمی رسید وخواندن و نوشتن و کسب دانش، عمومی و فراگیر نمی شد . تاریخ اختراع عینک و یا کشور سازنده آن نیز به درستی مشخص نیست. بعضی از محققان همچون پروفسور پوپ در کتاب هنرهای زیبای ایران ، عکس دسته عینکی را چاپ کرده که در ایران به دست آمده و متعلق به بیش از میلاد است. عده ای نیز بر این باورند که در بیمارستان جندی شاپور یک بخش چشم پزشکی وجود داشته که به بیماران عینک می دادند. برخی محققان اعتقاد دارند عینک اولین بار در چین ویا هند ساخته شده وپس از آ ن به سراسر جهان انتقال یافته است. ارزش جهانی بازار عینک در سال ۲۰۱۶ به ۹۵ میلیارد دلاررسید و برآورد شده است تا سال ۲۰۲۰ به ۱۴۲ میلیارد دلار برسد. تقاضای سالیانه انواع عینک در ایران حدود ۸ میلیون و ارزش بازارهم حداقل ۲۴۰۰ میلیارد تومان بالغ می گردد. اکثر فریم های فلزی و لنزها برای مصرف نهایی آبکاری می شوند. فریم های فلزی بسته به تقاضا و مد ، افزایش مقاومت خوردگی و سایش ، دستیابی به تنوع رنگ و ظاهری زیبا و جذاب با فلزاتی همچون طلا، پلاتین، رودیوم، نقره، مس، کرم... و آلیاژهای آن ها آبکاری می شود. لنز ها از طریق فرایند آبکاری در خلاء یا پی وی دی ، بسته به تقاضا، تا ۱۶ لایه پوشش می شوند. این لایه ها شامل فتو کرومیک ، پولاریزه ، آینه‌ای ، ضدخش ، ضد انعکاس ، جذب کننده اشعه ماوراء بنفش و... می باشد. آبکاری الکتریکی و آبکاری درخلا ، نقش مهمی در تولید استاندارد عینک ، ارتقا و بهبود بینایی وسلامت چشم ایفا می نمایند.

عینک

عینک وسیله ای برای اصلاح اپتیکی خطاهای انکساری چشم است که در مقابل چشم قرار داده می‌شود . در این حالت عدسی عینک، قرنیه و عدسی چشم مجموعاً قادر خواهند بود تصویر واضحی را بر روی پرده شبکیه ایجاد کنند. به رغم پیشرفت سریع دانش اصلاح عیوب انکساری با لیزر دردهه های اخیر، هنوز هم عینک به عنوان متداول ترین روش مورد استفاده در اصلاح عیوب انکساری در سراسر جهان به حساب می آید . امروزه عینک کاربرد های فراوانی یافته و غیر ازاستفاده طبی ازآن ، برای محافظت چشم در برابر پرتوهای مضر، صدمات شغلی، تصحیح انحرافات مخفی و آشکار چشمی، زیبایی ، جلوگیری از چروک اطراف چشم ، مشاهده سه بعدی اجسام ، واقعیت مجازی و ... استفاده می گردد.درمورد دو واژه اپتیک و اپتومتری که صنعت عینک سازی با آن ها در ارتباط می باشد ، توضیح مختصری ارایه می گردد.

اپتیک

اپتیک یا نورشناسی شاخه ای از علم فیزیک است که به مطالعه رفتار و خواص نور مریی، مادون قرمز و فرابنفش می پردازد و دربسیاری از علوم (ستاره شناسی، مهندسی، پزشکی، عکاسی ، و...) کاربرد دارد.صنعت اپتیک نیزآمیخته ای از علوم مختلف همچون : فیزیک ، شیمی ، ریاضی، علوم مهندسی و ... می باشد که در موارد بسیاری ، نوآوری ها و اختراعات و ابداعات و اکتشافات مرهون بهره گیری از این صنعت بوده و رشته عینک سازی به جهت درگیر بودن با انواع لنزها و پوشش های آن ها ، یکی از بخش های مهم این صنعت به حساب می آید.

اپتومتری

اپتومتری (بینایی سنجی) ، علم مراقبت های بینایی است و در مورد مکانیسم بینایی و نقشی که شبکیه ، عصب بینایی و مغز در دیدن اجسام دارند و همچنین رفع نارسایی های بینایی بحث می کند و با ایجاد ارتباط بین علوم اپتیک ، فیزیولوژی و پاتولوژی در جهت درمان اختلالات بینایی از طریق تجویز عینک ، لنز تماسی ، تمرینات ارتو پتیک ، آمبلیوپ تراپی و دادن توصیه ها و دستورات بهداشتی لازم به کارایی بیشتر سیستم بینایی کمک کرده واز لحاظ درمانی ، مراقبت اولیه بینایی می باشد. یعنی اگر شخصی مشکل بینایی و یا سردرد داشته باشد ابتدا به اپتومتریست مراجعه می نماید . زیرا اپتومتریست موظف است معاینه کاملی از چشم ها و ضمائم آن نظیر سیستم اشکی ، پلک ها و عضلات خارج چشمی به عمل آورد و مشکل بینایی بیمار را تشخیص داده و درمان نماید و در صورتی که سردرد بیمار منشا چشمی داشته باشد ، در جهت درمان آن اقدام نماید و موارد سردرد های غیر چشمی را به سایر پزشکان ارجاع نماید و به این ترتیب با ارجاع به متخصصان مربوطه ، بیمار در مسیر صحیح درمان قرار می گیرد و از اتلاف وقت و هزینه بیمار و احیانا مصرف داروهای غیر ضروری جلوگیری می شود. فردی که به عنوان اپتومتریست از دانشگاه فارغ التحصیل می شود بر طبق وظایفی که معاونت سلامت وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی مشخص نموده است می تواند وظایف ذیل را انجام دهد.

۱- تعیین و تجویز نمره عینک و لنزهای تماسی برای رفع عیوب انکسار
۲- بررسی نارسایی های بیماری در کودکان و بزرگسالان
۳- بررسی و تجویز عینک به کمک داروهای سایکوپلژیک
۴- بررسی و تشخیص نارسایی ها و اختلالات دید دو چشمی و درمان غیر دارویی
۵- انجام تست های تشخیص بیماری های بخش قدامی چشم از قبیل گلوکوم (آب سیاه) ، کاتاراکت (آب مروارید) و...
۶- تجویز وسایل کم بینایی در افراد
۷- تشخیص و درمان غیر جراحی اختلالات حرکتی چشم
۸- تمرینات ارتوپتیک
۹- اندازه گیری میدان بینایی
۱۰- ارزیابی دید رنگ و دید بعد
۱۱- بینایی درمانی به روش های غیر دارویی و غیر جراحی و درمان فیکسیشن های غیر طبیعی
۱۲- آمبلیوپ تراپی (درمان تنبلی چشم)
۱۳- انجام معاینات اپتومتریک و صدور گزارش استخدامی
۱۴- مشاوره در امور بهداشتی چشم و بینایی در محیط های کار ، صنایع ، سازمان های دولتی و...
۱۵- ساخت عینک به روش علمی و به کارگیری شیوه های نو در عرصه ساخت و ارایه عینک طبی

تاریخچه

هر چند تاریخ اختراع عینک و یا کشور سازنده آن به درستی مشخص نیست. بعضی از محققان همچون پروفسور پوپ در کتاب های هنرهای زیبای ایران عکس دسته عینکی را چاپ کرده که در ایران به دست آمده و متعلق به بیش از میلاد است. عده ای نیز بر این باورند که در بیمارستان جندی شاپور یک بخش چشم پزشکی وجود داشته که به بیماران عینک می دادند. برخی محققان نیزاعتقاد دارند عینک اولین بار در چین و یا هند ساخته شده و پس از آ ن به سراسر جهان انتقال یافته است. به نظر می رسد اولین فرد که توانسته به وسیله ذره بین اختراعی خود کتابی را بخواند بسنکا نمایشنامه نویس و فیلسوف روم (۴ قبل از میلاد تا ۶۰ بعد از میلاد) بوده است. وی شیشه ای را پر از آب کرده و به وسیله آن کتاب از روم را مطالعه کرده است . در اواسط قرن سیزدهم میلادی نیز راجر بیکن فیلسوف ودانشمند انگلیسی نیز گزارشی از خواندن با استفاده از لنز یا عدسی (در مورد چگونگی لنز ها توضیح نداده است) آورده است. در سال ۱۲۸۹ میلادی در کتابی با عنوان Trait de con uite de la famille نوشته شده من به قدری در اثر کهولت ناتوان شده ام که بدون وسیله ای که به نام عینک معروف شده است نمی توانم بخوانم یا بنویسم این وسیله اخیرا برای افراد مسن که دچار ضعف بینایی هستند اختراع شده است. او همچنین اظهار داشته

که بیست سالی بیش نیست هنر عینک سازی که از مفیدترین هنرهای روی زمین است به منصه ظهور رسیده است: نخستین تابلوی هنری شناخته شده هم که در آن عینک به کار رفته است توسط مودنا در سال ۱۳۵۲ میلادی کشیده شده است. او در این نقاشی دو برادر را نشان می دهد که در حال مطالعه هستند یکی از آن ها یک شیشه بزرگ کننده را نگه داشته و دیگری عینکی بر روی بینی خود دارد. در سال ۱۶۲۶ یک شرکت عینک سازی در انگلستان تاسیس شد که در آرم آن سه عدد عینک دیده می شود و شعارشان این بود امکان جدید برای افراد مسن. در اوایل قرن هجدهم قیمت عینک حدود ۲۰۰ دلار بود. در سال ۱۷۵۲ جامر اختراع خودش - عینکی با دسته های دارای لولای دوگانه را تبلیغ نمود این عینک به سرعت در همه جا انتشار یافت و در نقاشی ها ،کتب و کاریکاتور های این دوره بوفور یافت می شود عدسی ها از شیشه رنگی و یا شیشه ساده ساخته می شدند. بنیامین فرانکلین در سال ۱۷۸۰عینک های دو کانونی را ابداع نمود. او بعدها نوشت: من دو عدد عینک قدیمی داشتم که یکی را برای مطالعه و دیگری را برای دیدن مناظر دور به کار می بردم وقتی که دریافتم که این تغییر عینک ها برایم مشکل آفرین است من شیشه های هر دو عینک را نصف کردم و نیمی از هر کدام را در یک فریم جای دادم بدین ترتیب من همیشه از یک عینک استفاده می کنم و تنها کافیست که چشمانم را بالا یا پایین ببرم تا بتوانم هم دور و هم نزدیک را ببینم. عدسی های عینک دو دید در نیمه ی نخست قرن نوزدهم پیشرفت کمی پیدا نمودند. بین سال های۱۷۸۱ و ۱۷۸۹ عینک های نقره ای با دسته های لغزنده در فرانسه ساخته شد ولی گسترش عمومی آن تا قرن نوزدهم طول کشید . واژه ی دو کانونی و سه کانونی توسط ایساک هاوگنیز که عینک های سه کانونی را در ۱۸۲۷ معرفی نمود، ابداع شد. در حال حاضر عینک ها تنوع و کاربردهای مختلفی پیدا کردند و دیگر تنها برای اصلاح بینایی استفاده نمی شوند بلکه عینک جزیی از مد شده و با انواع فریم و لنز، و در طرح های متنوع و با استفاده از آخرین فناوری های روز ، به بازار ارایه می گردد.

عینک مطلا متعلق به سال ۱۸۰۵ ساخت فرانسه با یک لنز گمشده

عینک سازی به شکل امروزین آن در ایران مصادف است با سفر جمعی از ایرانیان در دوره محمد شاه قاجارکه برای تحصیل علوم جدید به اروپا رفته و پس از فارغ التحصیلی در رشته های مختلف از جمله اپتومتری یا بینایی سنجی به کشورمراجعت نمودند . این نکته گفتنی است تا پیش از گسترش صنعت چاپ، فقط کسانی به بینایی دقیق احتیاج داشتند که در حرفه های خاصی نظیر زرگری یا نقاشی و... مشغول به کار بوده اند. اما با در دسترس قرار گرفتن منابعی نظیر کتاب و روزنامه، ضعف بینایی به یکی از مشکلات گریبانگیر بسیاری آدم ها تبدیل شد و نیاز به عینک روزافزون. نخستین عینک سازی امروزی را در ایران و در سال های آخر حکومت احمدشاه قاجار، یک دارو خانه دار به نام آقای شرقی تأسیس کرده است. عینک سازی دارو خانه شرقی جنب بلدیه یا شهرداری تهران قدیم. یک از قدیمی ترین عینک هایی که در موزه ملک نگهداری می شود متعلق به ملاهادی سبزواری فیلسوف و شاعر و فقیه ایرانی دوران صفویه است که پس از فوت ایشان توسط پسرش به ضیع الدوله هدیه داده می شود. قاب این عینک فلزی است و در آن به جای پیچ از میخ استفاده شده و در انتهای دسته وروی پل عینک برای آسیب ندیدن پوست تکه های چرمی به کار گرفته شده است.

انواع عینک

۱- عینک های طبی

به عینک هایی که عدسی های تجویزی، برای رفع عیوب انکساری در آن ها نصب می شود، عینک های طبی گفته می شود. همچنین عینک هایی با اتاقک مرطوب (جهت جلوگیری از اشک ریزش شدید) ، عینک های منشوری (برای موارد کم بینایی و یا آسان نمودن مطالعه برای کسانی که قرار است مدت زیادی به علت فلج اندام های اصلی، بستری شوند) ، عینک های مخصوص آرایش (برای اشخاصی که دارای عیوب انکساری شدید هستند) و... در زمره ی عینک های طبی، با کاربرد خاص محسوب می شوند.

۲- عینک های آفتابی

به عینک ها یی که جهت محافظت از چشم ها در برابر آثار

زیانبار نور خورشید و نورهای مضر ساخته می شوند و گاهی هم جهت زیبایی مورد استفاده قرار می گیرند، عینک های آفتابی می گویند.

۳- عینک های طبی- آفتابی

به عینک هایی که جهت مصارف طبی به کار می روند، اما از عدسی های طبی- آفتابی(انواع عدسی های رنگی و یا فتوکرومیک) استفاده می کنند عینک های طبی- آفتابی گفته می شود.

۴- عینک های صنعتی یا حفاظتی

این دسته از عینک ها، همان طور که از نامشان پیداست، جهت محافظت از چشم ها در برابر برخورد با ذرات و حفاظت در برابر تابش های مضر در مشاغلی مانند: تراش کاری(سنگ - فلزات)، کار با مواد شیمیایی، رادیولوژی و... ، به کار گرفته می‌شوند.

۵-عینک های ورزشی

این عینک ها، که هنوز فرهنگ کاربرد آن برای بسیاری از مـردم ناشناخته است، از اهمیـــت ویـــژه ای در محافظت از چشم ها در هنگام انجام ورزش های مختلف برخوردار است. به گونه ای که برای هر ورزشی، عینک خاص همان ورزش از مواد مخصوص جهت محافظت، ایمنی و بهداشت چشم، (البته با رعایت مسایل دیداری) ساخته شده است. کاربرد این عینک ها برای بازی های میدانی، دوچرخه سواری، اسکی، کوهنوردی، غواصی، شنا، شکار، ماهی گیری، بازی بیلیارد و... می باشد.

۶- عینک های سمعک دار

این عینک ها، برای اشخاصی که مشکل شنوایی دارند به کار می رود.

۷- عینک های الکترونیکی

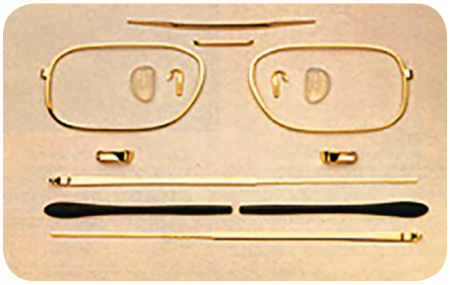
در انواع گوناگون و با کاربردهای مختلف جهت نابینایان، ساخته شده است.

۸- عینک های هوشمند

افزون بر عینک‌های معمولی دسته دیگری به نام عینک‌های هوشمند نیز وجود دارد. برخی از این عینک‌ها همچون عینک گوگل (گوگل گلس) نمایشگر واقعیت افزوده را با عینک‌های معمولی ترکیب می‌کند. این عینک‌ها توانایی پخش ویدیو و نمایش اطلاعات را دارند . بخشی دیگر از عینک‌های هوشمند شامل آن هایی می‌شود که به نحوی کار چشم و پردازش تصویر را انجام می‌دهند. این نوع عینک شامل یک دوربین است که تصویرهایی را از محیط پیرامون ضبط و آن ها را روی عینک نمایش می‌دهد. این عینک می‌تواند اندکی از بینایی افراد کم‌بینا و نابینا را به آن ها بازگرداند.

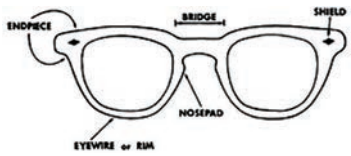
اجزای عینک

اجزای عینک عموما شامل فریم(بدنه یا قاب) ، لولا ، دسته ، پد وعدسی (لنز) می باشد که به آن ها اشاره می گردد:



فریم

آن قسمت از عینک، که عدسی‌های تجویز شده و یا تیغه‌های حفاظتی را در مقابل چشمان نگه می دارد، فریم عینک می گویند . فریم، توسط دسته هایی که به آن متصل می شود، بر روی صورت تنظیم می گردد. فریم هایی هم هستند که دسته ندارند و در عوض به وسیله ی فشارهای دو طرف بینی در محل خود قرار می گیرند.



آن بخش از فریم را که بین دو عدسی و بر روی بینی قرار می گیرد را پل گویند و لبه ای که دور عدسی هـا را در بر گرفته، به حدقه معروف است. به قسمت های بیرونی جلوی قاب که درمنتها الیه سمت چپ و راست، در نقاطی که دسته ها به آن ها متصل می شوند، اند پیس می گویند. بعضی از قاب ها دارای پد می باشند. پد، قطعه ای پلاستیکی است که بر روی بینی قرار می گیرد، تا فریم را بر روی بینی نگه دارد. پدها ممکن است که،

به طور مستقیم و یا با واسطه ی یک قطعه ی فلزی که به بازوی محافظ و یا بازوی پد موسوم است، به قاب متصل شوند.

طبقه بندی فریم ها

۱- مواد به کار رفته در ساختمان فریم

مواد به کار گرفته شده در ساخت آن فریم پلاستیک یا فلز است که بایستی دارای ویژگی های خاصی باشد . این ویژگی های استاندارد عبارتند از:

- قابلیت کشش و تغییر شکل پذیری، جهت ساخت و نصب عدسی
- در برابر خوردگی بر اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی مقاومت کند و تغییر شکل، اندازه و رنگ ندهد
- اشتعال ناپذیر و بی خطر باشد
- سبک باشد
- از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد
- رعایت فاکتور زیبایی

الف ـ فریم های پلاستیکی

پلاستیک های اولیه ای که در ساخت فریم از آن ها استفاده می شده، از جنس باکلیت و گالالیت بودند. این پلاستیک ها به خاطر شکنندگی در برابر سرما،خوب عمل نمی‌کردند. بعدها از ماده ی زیلونیت به طورگسترده در ساخت فریم استفاده شد. این ماده به خوبی صیقل می‌پذیرد اما در مقابل حرارت بالا، قابل اشتعال است. به همین خاطر تولید این فریم ها ممنوع شده است. انواع فریم های پلاستیکی شامل :

سلولز استات :سلولز استات ماده‌ای است که به طور گسترده در ساخت فریم به کار می‌رود. ماده ی اصلی سلولز، از پنبه یا خمیر چوب گرفته شده و سپس عمل‌آوری می‌گردد. هنگامی که ماده ی اولیه ی سلولز از پنبه استخراج می‌شود، به صورت رشته‌هایی می‌باشند که به تخم پنبه چسبیده اند و آن‌قدر کوتاه می‌باشند که قابل‌استفاده برای منسوجات نیستند.این رشته‌ها را لینتر می گویند. مواد استخراجی از چوب و یا پنبه را با مخلوطی از انیدرید،اسید استیک و اسید سولفوریک(که به عنوان کاتالیزور عمل می‌کنند) به هم‌می‌آمیزند. سپس، مواد پلاستیک‌ساز و موادی را جهت استحکام، به آن اضافه می نمایند. سلولز استات را می‌توان به شکل ورقه‌های پلاستیکی ساخت و از آن قطعات فریم را برید و یا اینکه به صورت دانه‌های استات درآورده و آن را در مدل تزریقی به کار برد. امروزه بعضی از آلرژی ها را به استفاده از فریم های ساخته شده از سلولز استات نسبت می دهند. گرچه، این موضوع نادر است. زیرا بیشتر اوقات، مشکلات پوستی ناشی از این گونه واکنش های آلرژیک مربوط به ذراتی می شود که توسط مواد سازنده ی فریم قابل جذب اند. یعنی ماده ی سازنده ی فریم، خود به تنهایی نمی تواند باعث بروز یک واکنش آلرژیک شود. لذا، به منظور محافظت سطح فریم از تماس با این گونه مواد، سطح فریم را روکش می کنند. در صورتی که سطح فریم روکش نشود، این امکان وجود دارد که سلولز استات، موادی را که آلرژی‌زا هستند جذب نماید. یک روکش خوب، روکشی است که مانع رسیدن اشعه ی فرابنفش به فریم شود. چنین روکشی از کم رنگ شدن فریم نیز جلوگیری می‌نماید.

سلولز استات پروپیونات: عموماً به پروپیونات معروف است. بسیاری از خصوصیات سلولز استات را دارا بوده و برای مدل‌تزریقی مناسب‌تر است.(همچنین به جهت دارا بودن وزن کمتر نسبت به استات، از مزیت سبکی نیز برخوردار می باشد.) پایداری رنگ در پروپیونات نسبت به سلولز استات کمتر می‌باشد و در صورتی‌که روکش جذب کننده ی اشعه ی ماورای بنفش نداشته باشد، مدت نسبتاً کوتاهی رنگ خود را از دست می‌دهد. برای ساخت فریم، دانه‌های پروپیونات را حرارت داده تا به صورت مایع درآیند. سپس، آن را به وسیله ی تزریق برای ساخت مدل های دلخواه به کار می‌برند.دانه‌های پروپیونات، ممکن است که در ابتدا بی‌رنگ باشند که در این صورت بعد از ساخت فریم قسمت های مختلف آن را به دلخواه رنگ می‌کنند.

اوپتایل: اپوکسی رزین که برای ساخت فریم به کار می‌رود. این ماده، ازطریق مخلوط کردن رزین مایع با یک ماده ی سخت کننده ساخته می شود. سپس طی فرآیندی که در خلا صورت می‌گیرد، اشکال مختلفی از فریم را تولید می‌کنند. ماده فوق، دارای خاصیت ترموالاستیک است. بدین معنی که وقتی در مقابل حرارت قرار می‌گیرد، خم‌شده و اگر مجدداً حرارت ببیند، به شکل اولیه ی خود باز می‌گردد. سلولز استات یک ماده ی ترموپلاستیک‌است. بدین معنی که وقتی حرارت ببیند خم شده، اما با حرارت مجدد، به شکل اولیه ی خود باز نمی‌گردد. اپتایل تقریباً ۳۰ درصد سبک تر از سلولز استات می باشد.

نایلون : نایلون ماده‌ای است با خاصیت انعطاف پذیری بالا، که اگر متناوباً در طول شب در آب قرارگیرد، انعطاف‌پذیری خود را حفظ می‌کند. این ماده، تنها به مرور زمان خشک و شکننده می‌شود. نایلون اخیراً به طور گسترده مورد استفاده واقع شده، مخصوصا در ساخت عینک های ورزشی.

رابر: بعضی از عینک های ورزشی و یا آفتابی ممکن است که از ترکیب نایلون و لاستیک ساخته شوند. این گونه عینک ها همان طور که انتظار می‌رود قابل انعطاف بوده و اگر خم شوند، به شکل اولیه ی خود باز می‌گردند، اما قابل تنظیم نمی‌باشند و در مقابل ضربه تا حد زیادی مقاومند.

الیاف کربن : از الیاف کربن، در ساخت یک نوع فریم نازک و مستحکم استفاده می شود. بدین منظور رشته‌هایی از الیاف کربن را با نایلون ترکیب می کنند. مزیت اصلی این گونه فریم ها، سبکی وزن آن ها می‌باشد. این کم‌وزنی، به خاطر استحکام

زیاد الیاف کربن می‌باشد که می‌توان فریم را نازک تر ساخت. (الیاف کربن ۶۰ درصد وزن سلولز استات را دارا می‌باشد). از آنجا که کربن سیاه است، رنگ فریم های ساخته شده از این ماده مات و محدود می باشد. اغلب اوقات فریم عینک، از الیاف کربن و دسته‌های آن، فلزی می‌باشد. در هوای سرد به دلیل شکستگی هایی که ممکن است در فریم ایجاد شود، مشکلاتی پدید خواهد آمد که به خاطر این گونه مشکلاتِ دمایی، ضروری است که بعد از ساختن فریم با این ماده و در حالی که هنوز گرم است، آن را بلافاصله در معرض هوای سرد قرار ندهند.

پلی‌آمید : پلی‌آمید، ماده‌ای است که اساسش نایلون بوده و کاملاً مقاوم است. پلی‌آمید ۷۲ درصد وزن سلولزاستات را دارا می‌باشد و چون می‌توان آن را نازک تر ساخت، از مزیت کم وزنی‌برخوردار است. برخلاف فریم های ساخته شده از الیاف کربن، فریم های پلی‌آمید را می‌توان به صورت شفاف ساخت. این فریم ها، در مقابل مواد شیمیایی و حلال ها مقاوم بوده و آلرژی‌زا هم نمی‌باشند.

کِولار: کِولار ماده‌ای است که با نایلون آمیخته شده. این ماده محکم و سبک بوده و در ساخت فریم از آن‌استفاده می‌شود. کِولار در مقابل طیف گستره‌ای از دما، حالت خود را حفظ می‌نماید، اما به سختی تغییر شکل می‌دهد. اگرچه در مقابل حرارت نرم می‌شود، اما نه جمع می‌شود و نه بسط پیدا می‌کند.

پلی‌کربنات: پلی کربنات، ماده‌ای است که در ساخت عدسی ها به کار می‌رود. اما از این ماده می‌توان در ساخت فریم نیز استفاده نمود. فریم هایی که با این ماده ساخته می‌شوند، عمدتاً برای مقاصد ورزشی و ایمنی‌می‌باشند. هنگامی که برای مقاصد غیرطبی به کار می‌رود، عدسی و فریم را به طور یکپارچه می‌سازند. عینک های یکپارچه‌ای که از این ماده ساخته می‌شوند، بیشتر از هر نوع عینک مشابه موجود در بازارمقاوم هستند. متاسفانه، فریم های ساخته شده از پلی کربنات، به خاطر مقاومتی که در برابر تنظیم از خود نشان می‌دهند، نمی‌توانند جایگزین خوبی برای عینکهای رایج باشند.استفاده از این ماده در ساخت عینک های ورزشی مناسب تر است.

ب- فریم های فلزی

در گذشته آلیاژهای حاوی طلا، معمولاً در ساخت فریم به کار برده می‌شدند. اخیراً آلیاژهای مختلفی در ساخت فریم به کار برده می‌شوند که تعداد کمی از آن ها حاوی طلا می‌باشند.

نیکل نقره: نیکل نقره، حاوی بیش از ۵۰ درصد مس، ۲۵ درصد نیکل و مابقی روی است و نقره‌ای در آن موجود نمی‌باشد. مس، باعث انعطاف‌پذیری ماده می شود، روی، استحکام آن را بیشتر می کند و نیکل، سفیدی آلیاژ را ایجاد می‌نماید. هنگامی که نیکل موجود در آلیاژ نیکل نقره، از مرز ۱۲درصد تجاوز کند، رنگ مس دیگر قابل رویت نیست.

فلز مانل: مانل‌دارای رنگی سفید، قابلیت انعطاف پذیری خوب جهت شکل دهی و مقاوم در برابر خوردگی است. درحد بالایی صیقل پذیراست. مانل، از نیکل، مس، آهن و مقادیر کمی از سایر عناصر ساخته شده است. بالاترین جزء این ماده را نیکل تشکیل می‌دهد که بین ۶۳ تا ۷۰ درصد می‌باشد. دومین جزو آن مس است. آهن، تنها ۲/۵ درصد آن را تشکیل می‌دهد و مقادیر کمی هم سیلیکون، کربن و گوگرد در آن موجود می باشد. مانل را اغلب اوقات به عنوان ماده‌ای جهت ساختن فریم بکار می‌برند.

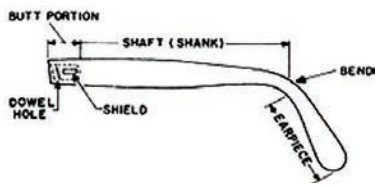
تیتانیوم : فریم های تیتانیومی، فوق‌العاده سبک هستند و زنگ هم نمی‌زنند. استحکام فوق العاده تیتانیوم، این امکان را فراهم می‌سازد که فریم، نازک ساخته شود، اما لحیم کردن و یا جوش دادن آن مشکل و قیمت آن هم زیاد می‌باشد.

آلومینیوم : آلومینیوم، هم سبک است هم محکم. این فلز به طور گسترده، قابلیت رنگ‌پذیری داشته و زنگ هم نمی‌زند، ولی نمی‌توان آن را به خوبی لحیم کرد و یا جوش داد، بنابراین، قطعات آن را می‌بایست به صورتی ساخت که بتوان به وسیله ی پیچ و یا پرچ به هم وصل نمود.

فولاد زنگ نزن یا استنلس استیل : در قرن نوزدهم، بعضی از فریم ها از مواد استیل معمولی ساخته می شدند. استیل ضد زنگ در اوایل قرن بیستم توسعه یافت. این ماده، از آهن ، نیکل و کروم ساخته شده و در مقابل خوردگی، بسیار مقاوم است. استیل ضد زنگ بسیار مستحکم بوده و هنگامی که به شکل نازک درآید، دارای قابلیت انعطافی است که مناسب ساختن دسته فریم می‌باشد.

با گسترش و تکامل روش های الکترولیز وآبکاری، پیشرفت های زیادی در تنوع ساخت فریم های فلزی حاصل گردیده است که در بخش آبکاری عینک به آن اشاره خواهد شد .

دسته ها



کار دسته ها جلوگیری از افتادن عینک و حفظ آن درمقابل چشم ها با کمک دماغه و پد ها می باشد. آن قسمت از دسته که نزدیکترین فاصله با قسمت اتصال با قاب را دارد، به butt end و یا butt portion معروف است. اولین نقطه ای از دسته که بر روی گوش خم می شود bend نامیده می شود. بخشی از دسته

را که مابین butt end و bend قرار گرفته shank و یا shaft می نامند. آن بخش از دسته که در زیر bend و در پشت گوش قرار دارد، به نام های earpiece, bend-down portion, curl معروف می باشد. پایه ی لولای دسته را گاهی هم dowel hole می نامند.

ساختمان دسته ها

دسته ها از نظر ساختمان، تنوع بسیاری دارند. به طور کلی، دسته ها در پنج گروه قرار می گیرند که عبارتند از:

۱ – دسته های مدل جمجمه ای

این دسته ها در پشت گوش به طرف پایین خم می شوند و محیط مریی را دنبال و بر سطح آن تکیه می کنند.

۲ – دسته های مدل کتابخانه‌ای

پهنای این دسته ها معمولاً در قسمت شاخ متوسط بوده، هرچه به سمت عقب پیش می روند، افزایش می یابند.این دسته ها عملاً صاف بوده وبا فشاری که بر سر وارد می کنند، عینک را نگه می دارند. این دسته ها، به دسته های انتها صاف هم معروف اند.

۳ – دسته های مدل تغییر پذ یر

این دسته ها از نظر صاف بودن، همانند دسته های مدل کتابخانه ای می باشند. این دسته ها طوری ساخته شده اند که بتوانند با خم شدن، مدل جمجمه را به خود بگیرند و قابل تغییر از انتها صاف به مدل جمجمه ای باشند.

۴ – دسته های مدل قوسی

این دسته ها، گرداگرد گوش را فرا گرفته و محل انحنایشان، از جایی که گوش و سر به هم متصل می شوند، تا نرمه ی گوش امتداد می یابد. این دسته ها غالباً برای فریم های ایمنی و فریم های مخصوص کودکان مورد استفاده قرار می گیرند.

۵ – دسته های مدل سیم آسا یش

این دسته ها از نظر شکل، همانند مدل قوسی بوده، اما از نوعی فلز قابل انعطاف ساخته شده اند، که در قسمت گوش به صورت حلقه در آمده است.

لولا

لولا، دسته را به قاب عینک متصل می‌کنند و تعداد پایه هایشان فرد است. تعداد پایه ها، سه، پنج و یا هفت است. لولا ها ممکن است که از نظر ساختمان با هم تفاوت داشته باشند. به منظور ساده نمودن، آن ها را معمولاً بر اساس تعداد پایه های لولای دسته ولولای قاب طبقه بندی می کنند. نسبت پایه ها مابین دسته و قاب متغیر می باشد. برای مثال، اگر دسته، دارای یک پایه باشد، آنگاه قاب عینک دو پایه دارد و بر عکس اگر قاب عینک دارای دو پایه باشد، دسته می بایست یک پایه داشته باشد.

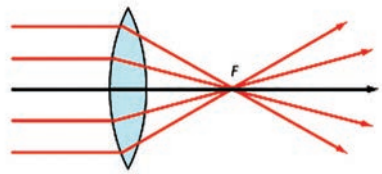
عدسی یا لنز

از ابزارهای نوری است که نور در اثر عبور از آن می‌شکند و همگرا یا واگرا می‌شود. عدسی‌ها از ماده‌های شفاف مانندشیشه و پلاستیک ساخته می‌شوند. عینک طبی و ذره‌بین و لنز دوربین‌های عکاسی و دوربین دوچشمی همه با عدسی ساخته

شده‌اند. عدسی‌ها از نظر شیوه شکست نور در آن ها به دو دسته همگرا (محدب یا کوژ) و واگرا (مقعر یا کاو) تقسیم می‌شوند. یک عدسی ساده تنها از یک عنصر نوری تشکیل شده‌است. یک عدسی مرکب از یک مجموعه عدسی ساده که یک محور مشترک دارند تشکیل شده‌است. مزیت عدسی مرکب نسبت به عدسی ساده این است که بسیاری از بیراهش‌های نوری در آن قابل رفع هستند در حالی که این کار تنها با یک عدسی ساده امکان‌پذیر نیست. کاربرد عدسی تنها به امواج نوری محدود نمی‌شود، هر ابزاری که سایر امواج الکترومغناطیسی در اثر عبور از آن بشکند نیز عدسی خوانده می‌شود، به‌طور مثال لنز پارافین برای امواج مایکروویو وجود دارد. قدیمی‌ترین عدسی عدسی نمرود است که به ۲۷۰۰ سال قبل و دوره آشوریان بر می‌گردد. از این عدسی احتمالاً برای متمرکز کردن نور خورشید برای روشن کردن آتش یا برای درشت نمایی استفاده می‌شده‌است. بعضی محققان استدلال می‌کنند که بر اساس شواهد باستان‌شناسی، از عدسی‌ها به‌طور گسترده در عهد عتیق استفاده می‌شده‌است. به‌طور مثال صنعت نگاران برای انجام کارهای ظریف یا برای تصدیق کردن اثر مهر از آن ها استفاده می‌کرده‌اند. اولین کسی که از عدسی استفاده علمی نمود، ابن هیثم پدر علم فیزیک نور است که در رساله خود به شرح آن پرداخته. بعدها گالیله و کمال‌الدین فارسی و ابوریحان بیرونی به مطالعه و کاربرد آن پرداختند.

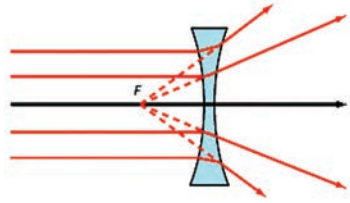
انواع عدسی ها از نظر کارکرد

عدسی همگرا



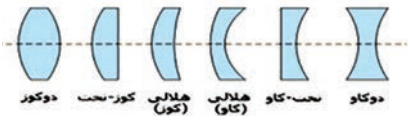
در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به هم نزدیک می‌شوند (یعنی همگرا می‌شوند). در عدسی‌های همگرا، لبه‌ها نازک تر از وسط آن است و به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوژ، کوژ تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شوند. این عدسی از اتصال دو منشور که از قاعده به یکدیگر وصل شده‌اند تشبیه شده‌است. از این نوع عدسی در میکروسکوپ‌ها (تمام قسمت‌ها) تلسکوپ‌ها (برخی قسمت‌ها) و عینک افراد دوربین یا آستیگمات (ترکیب عدسی‌های محدّب با چینش مخصوص) استفاده می‌شود. این نوع عدسی شئ را بزرگ تر نشان می‌دهد.

عدسی واگرا



در عدسی‌های واگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می‌شوند (یعنی واگرا می‌شوند). لبه این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آن است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. این نوع عدسی را می‌توان به دو منشور که از زاویه مقابل قاعده به یکدیگر وصل شده‌اند تشبیه کرد. از این عدسی می‌توان به عنوان عینک برای افراد نزدیک بین آستیگمات استفاده نمود. این نوع عدسی شئ را کوچک تر نشان می‌دهد.

عدسی‌های مرکب



عدسی کوژ – تخت : عدسی است که یک طرف آن کوژ و یک طرف آن تخت می‌باشد. این عدسی‌ها در تلسکوپ‌ها استفاده می‌شود. در صورتی که از سمت تخت آن چیزی را مشاهده کنید اشیاء کمی حالت wide پیدا می‌کنند (خطوط منحنی می‌شوند)

عدسی دو کوژ: عدسی است که هر دو طرف آن کوژ می‌باشد. این عدسی در ذره بین، میکروسکوپ و تلسکوپ استفاده می‌شود. تصویر از هر دو طرف یکسان است مگر این که بر برآمدگی یک طرف از دیگری کمتر یا بیشتر باشد.

عدسی هلالی (کوژ): عدسی است که یک طرف آن کوژ و طرف دیگرش کاو باشد. این عدسی در عینک‌ها استفاده می‌شود و تصویر از هر طرف آن به نوعی wide می‌باشد.

عدسی تخت - کاو: عدسی است که یک طرف آن کاو و طرف دیگرش تخت باشد. این عدسی‌ها در برخی عینک‌های بسیار ته‌استکانی استفاده شده و تصویر از سمت تخت آن wide و از سمت فرو رفته آن تنها کوچک می‌شود.

عدسی دو کاو: آنچنان عدسی است که هر دو طرف آن کاو باشد. تصویر از هر دو طرف یکسان است مگر این که یک سمت از دیگری فرورفته تر یا برجسته تر باشد.

عدسی هلالی (کاو): آنچنان عدسی است که یک طرف آن کوژ و طرف دیگرش کاو باشد. این عدسی در عینک‌ها استفاده شده و تصویر از هر سمت آن به نوعی مایل می‌باشد.

آشنایی با انواع متداول عدسی های عینک

این نوع عدسی ها به دو دسته کلی شیشه‌ای و پلاستیکی طبقه بندی می شوند. عدسی های شیشه ای که قدمت بیشتری دارند، غالباً دوام بالاتری نسبت به عدسی های پلاستیکی دارند. بر خلاف عدسی های پلاستیکی دیرتر خش بر می دارند اما زودتر هم می شکنند که این امر می تواند برای چشم مخاطرات بسیاری ایجاد کند. حسن عدسی های پلاستیکی، امکان ایجاد پوشش های مختلف از جمله ضد بخار، ضد انعکاس، جاذب پرتوهای ماورای بنفش، جاذب پرتوهای مادون قرمز، ضد خش و ... می باشد که این پوشش ها باعث افزایش ایمنی چشم ها و بهبود عملکرد بینایی خواهد شد.

نوع خاصی از انواع عدسی های پلاستیکی عدسی های پلی کربنات هستند که مقاومت زیادی در برابر ضربه و شکستگی دارند، لذا به عنوان عینک ایمنی در برخی مشاغل و یک عینک قابل اطمینان برای ورزشکاران و کودکان محسوب می شوند.
عدسی های پلاستیکی و شیشه ای می‌توانند فوتوکرومیک هم باشند. رنگ این نوع عدسی ها در مقابل نور (به ویژه طول موج های کوتاه نور) تغییر کرده و به خاکستری یا قهوه ای با تیرگی های متفاوت تبدیل می‌شود. کاهش شدت نور باعث تغییر رنگ عدسی به حالت اولیه می شود. گاهی عدسی های پلاستیکی و شیشه ای ضریب شکست بیشتری نسبت به حالت معمول داشته و این امر باعث کاهش ضخامت عدسی برای یک نمره معین خواهد شد. به این عدسی ها، عدسی های فشرده گفته می شود.
به نوع دیگری از عدسی ها که برای ایجاد شرایط انکساری بهتر و خطاهای اپتیکی کمتر در انحنای سطوح آن ها تغییراتی اعمال شده، عدسی های آسفریک (غیر کروی) گفته می شود. این تغییرات در انحناهای عدسی موجب کاهش خطاهای عدسی، نازک تر شدن آن و طبعاً سبک تر بودن خواهد شد. نتیجه کاربرد این عدسی ها ایجاد کیفیت بهتر دید است. در افراد دچار پیر چشمی و یا برخی از اختلالات چشمی کودکان و یا نوجوانان از عدسی های ویژه دو کانونی یا چند کانونی و یا عدسی های تدریجی استفاده می شود. این عدسی ها باعث خواهند شد که محدوده دید فرد در فواصل گوناگون به نحو چشم گیری بهبود یابد.

ویژگی‌های فنی لنزها

۱- ضریب شکست : شاخص انکسار یا ضریب شکست ماده‌ی لنز عینک، عددی است که نشان می‌دهد به طور بهینه ماده چه مقدار نور را می‌شکند (یا خم می‌کند) و در واقع وابسته به سرعت عبور نور از آن ماده است. به طور مشخص ضریب شکست نسبت سرعت نور در خلأ به سرعت نور در آن ماده است.
هرچه این عدد برای ماده‌ای بیشتر باشد، نور در آن ماده کندتر حرکت می‌کند و در نتیجه پرتوی نور به مقدار بیشتری می‌شکند (یا خم می‌شود). بنابراین با بیشتربودن این ضریب، ماده‌ی لنز کمتری نیاز است تا نور را به همان درجه‌ای خم کند، که لنزی با ضریب شکست کمتر خم می‌کند. در نتیجه برای یک درجه لنز عینک، لنز ساخته‌شده از ماده با ضریب شکست بالاتر، نازک‌تر از لنز ساخته‌شده از ماده با ضریب شکست پایین‌تر خواهد بود. در جدول ذیل قسمت بعد، ضریب شکست مواد مختلف مورد استفاده در لنزها بیان شده‌است.

۲- عدد ابه : عدد ابه یک ماده‌ی لنز، یک مقدار قابل مشاهده و اندازه‌گیری است از مقداری که یک لنز طول موج‌های مختلف نور را هنگام عبور از لنز متفرق یا پراکنده می‌کند. لنزهایی که عدد پراکندگی پایین‌تری دارند، پراکندگی بیشتری ایجاد می‌کنند و باعث ابیراهی رنگی می‌شود که یک خطای قابل دید اپتیکال بوده و هاله‌های رنگی در اطراف اشیا و به خصوص اجسام نورانی ایجاد می‌کند.
در لنزهایی که عدد ابه کمتری دارند وقتی از لبه‌های لنزنگاه کنید، ابیراهی رنگی را بیشتر ملاحظه خواهید کرد. بنابراین سعی کنید لنزهایی را انتخاب کنید که عدد ابه بالاتری داشته‌باشند. لنزهای شیشه‌ای بیشترین و لنزهای پلی‌کربنات کمترین عدد ابه را دارند. نام عدد ابه از نام فیزیکدانی آلمانی به نام ارنست ابه که این خاصیت را کشف کرده، گرفته شده‌است. در جدول زیر مقایسه‌ی بین ضریب شکست و عدد ابه را برای مواد مختلف مشاهده می‌کنید.

ماده‌ی لنز	ضریب شکست	عدد ابه	ویژگی‌های کلیدی و ایرادات
شیشه‌ای	۱/۵۲۳	۵۹	اپتیک عالی، + قیمت پایین سنگین، قابل شکستن
پلاستیکی	۱/۴۹۸	۵۸	اپتیک عالی، + قیمت پایین ضخامت بیشتر
پلی‌کربنات	۱/۵۸۶	۳۰	مقاومت در برابر ضربه عالی، محافظت ۱۰۰ در مقابل UV، سبک‌تربودن پایین‌ترین عدد ابه و ایجاد ابیراهی رنگی
پلاستیکی شاخص‌بالا	۱/۷۴-۱/۷۰	۳۶ تا ۳۳	نازک‌ترین لنزهای موجود، محافظت ۱۰۰ در مقابل UV، بسیار سبک عدد ابه پایین و ایجاد ابیراهی رنگی
تریوکس	۱/۵۴	۴۵	+ مقاومت در برابر ضربه عالی، محافظت ۱۰۰ در مقابل UV ، سبک‌ترین لنزهای موجود

۳- طراحی غیرکروی: طراحی غیرکروی لنزها بدین صورت است که لنز از درجات متغیر خم روی سطحش ایجاد شده و باعث می‌شود بتوان لنزهای نازک‌تر و هموارتر نسبت به لنزهای کروی ساخت و کاربردهای بیشتری را برای لنزها ایجاد کرد. از آنجایی که این لنزها هموارتر از لنزهای کروی هستند، بنابراین درشت‌نمایی ناخواسته‌ی کمتری از چشم پوشنده‌ی عینک ایجاد می‌کنند که در ایجاد ظاهر مناسب‌تری موثر است. در برخی مواقع لنزهای غیرکروی وضوح بیشتری در نواحی دور لنز ایجاد می‌کنند. بسیاری از لنزهای پلاستیکی شاخص بالا، به صورت غیرکروی طراحی می‌شوند تا ظاهر و کاربرد اپتیکی بهینه‌تری ارایه دهند. در مورد لنزهای پلی‌کربنات و پلاستیکی، طراحی غیرکروی باعث افزایش قیمت لنز می‌شوند.

۴- حداقل ضخامت مرکز یا لبه‌ی لنز: طبق استانداردهای تعیین‌شده برای ضدضربه‌بودن لنزها، محدودیت‌هایی برای نازک تراشیدن لنزها مشخص شده‌است. در لنزهای مقعر که برای تصحیح نزدیک‌بینی بکار می‌روند، نازک‌ترین قسمت لنز مرکز اپتیکی آن نام دارد و تقریبا در وسط لنز قرار گرفته‌است. در حالی که در لنزهای محدب که برای تصحیح دوربینی بکار می‌روند، نازک‌ترین ناحیه از لنز در لبه‌های آن واقع است. طبق استاندارد مقاومت در برابر ضربه FDA ، لنزهای پلی‌کربنات و تریوکس باید دارای حداقل ضخامت مرکز یا لبه‌ی لنز برابر با ۱,۰ mm داشته باشند. در حالی که لنزهای ساخته‌شده از سایر مواد باید دارای حداقل ضخامت بیشتری باشند تا این استاندارد را پاس کنند.

اندازه و شکل فریم هم در ضخامت لنز موثر است، به خصوص هنگامی که درجه‌ی چشم بالا باشد. انتخاب فریم کوچک‌تر که مرکز لنز تقریبا در وسط هر چشمی آن قرار گیرد، می‌تواند ضخامت و وزن لنزهای را بدون توجه به جنس لنز کاهش دهد. به صورت کلی، نازک‌ترین لنزها برای درجه‌ی چشم ، لنزهای غیرکروی است که از پلاستیک شاخص بالا ساخته‌شده و بر روی یک فریم کوچک‌تر خواهد نشست.

آبکاری

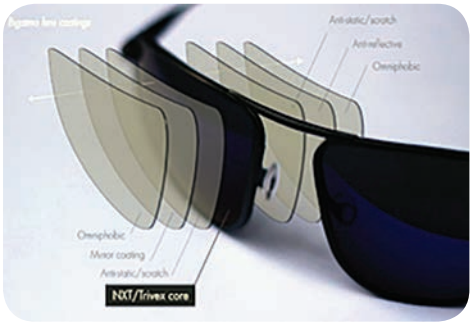
اغلب فریم های فلزی و لنزها برای مصرف نهایی آبکاری می شوند. فریم های فلزی بسته به تقاضا ومد ، افزایش مقاومت خوردگی و سایش ، دستیابی به تنوع رنگ وظاهری زیبا جذاب با فلزاتی همچون طلا، پلاتین، رودیوم، نقره، مس، کرم و... وآلیاژهای آن ها آبکاری می شود. نوع آبکاری برای فریم ها در زمره آبکاری های صنعتی ومهندسی قرارداشته وبایستی استاندارد های سخت گیرانه در مورد خوردگی، سایش، ضخامت، چسبندگی، نرمی و انعطاف و...را تامین نمایند. فریم عینک های غیر استاندارد یا کپی برند ها که متاسفانه در بازار به وفور وجود دارند از نوع آبکاری تزیینی است که هرچند ظاهری زیبا وجذاب دارند ولی برای عینک که مدام درمعرض سایش شدید و خوردگی قرار دارد مناسب نبوده وبعد از مدت زمان اندک، کیفیت ظاهری خود را ازدست می دهند و نه تنها خریدار از نظر مالی زیان می بیند بلکه ممکن است به جهت حساسیت زایی، فرد دچار آلرژی وبیماری گردد.

آبکاری فریم ها در وان های ثابت

نمونه ی از آبکاری فریم که استاندارد نبوده و پس از مدت کمی دچار خوردگی و سایش شده است

انواع پوشش لنزها

در مورد لنزها با توجه به کارکرد های مختلفی که از آن ها انتظارداریم (استاندارد بودن جنس شیشه یا پلاستیک لنزها ، کیفیت و تعداد پوشش ها یا لایه ها) از اهمیتی به مراتب بالاتر از فریم ها دارند. چرا که هرگونه نقص و کیفیت پایین لایه ها خسارت وآسیب های جدی بر چشم وارد می نماید. لذا در موقع خرید توجه به استاندارد بودن جنس لنز و کیفیت پوشش های اعمال شده و تعداد آن ها از اهمیت بسیاربالایی بر خوردار می باشد. گفتنی است پوشش دهی لنز ها از طریق فرایند آبکاری در خلاء یا پی وی دی انجام و تا ۱۶ لایه گذاری هم امکان پذیر می باشد. این لایه ها شامل فتو کرومیک ، پولاریزه ، آینه‌ای ، ضدخش ، ضد انعکاس ، جذب کننده اشعه ماوراء بنفش و...می باشد. برای آشنایی به تعدادی از این لایه ها و کاربرد های آن اشاره می گردد.



نمونه ی از انواع لایه ها بر روی لنزها

پلاریزه

نور بازتاب شده از آب یا سطوح هموار می‌تواند درخشندگی ناخواسته ای را ایجاد کند. لنزهای پلاریزه دارای فیلترهای شیارشیار ظریفی هستند که می‌تواند این نورهای بازتاب‌یافته از پرتوی خورشید از سطوحی چون آب، برف و سطوح هموار را کاهش دهد که برای کاربردهایی چون رانندگی و ورزش مفید هستند. این لنزها تصویر کریستالی مایع روی داشبورد ماشین‌ها را محو می‌کند.

لنز با پوشش پلاریزه

فتوکرومیک

این رفتار لنز را قادر می‌سازد که به صورت خودکار در پاسخ به اشعه‌ی ماورای بنفش نور خورشید و طیف آبی نور که پرانرژی است، تیره شود و سپس به سرعت این تیرگی رفع شود وقتی که در محیط نور داخل خانه قرار می‌گیرد. لنزهای فتوکرومیک برای تمام مواد لنزها و طراحی‌ها موجود است. این لنزها در ماشین تیره نمی‌شوند چون شیشه‌ی جلوی ماشین‌ها غالبا اشعه‌ی فرابنفش را مسدود می‌کند.

عملکرد لنز های فتوکرومیک در مواجه با نور

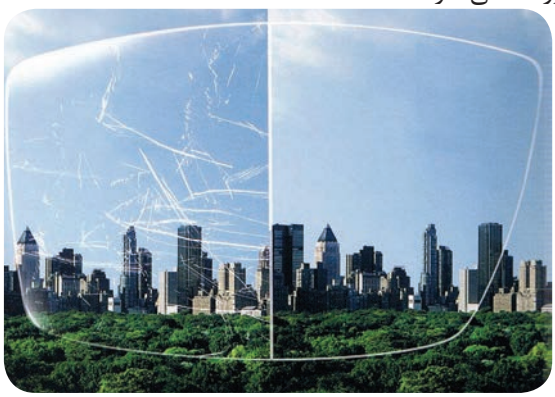
آینه‌ای

اگر شما ظاهری آینه‌ای‌شکل برای لنزتان بپسندید و بخواهید چشمتان از پشت لنز مشخص نباشد، پوشش آینه‌ای را باید برای لنز انتخاب کنید. این پوشش در رنگ‌های مختلف نقره‌ای، طلایی و آبی وجود دارد.

لنز با پوشش آینه ای

ضدخش

پوششی است که روی لنزها اعمال می‌شود و از ایجاد خش روی لنز جلوگیری می‌کند. این پوشش‌ها گرچه محافظت ۱۰۰ درصدی در مقابل ایجاد خش نخواهند کرد، اما از ایجاد بسیاری از خش‌های ریز که به سادگی روی لنزهای عادی می‌افتد، جلوگیری می‌کند. امروزه بسیاری از لنزها این خاصیت را به صورت ذاتی دارند.



لنز با پوشش ضد خش

ضد بازتاب

پوشش ضد بازتاب، بازتاب‌های نور را که موجب کاهش کنتراست و وضوح تصویر به خصوص در شب می‌شود، کاهش می‌دهد. این پوشش باعث می‌شود که لنز عینک تقریبا نامریی شود و دیگران نیز از بازتاب نور از لنز عینک شما، اذیت نخواهند شد. این پوشش در هنگام عکس‌گرفتن از شما، درخشندگی را از لنز عینک شما کاهش می‌دهد. از آنجایی که لنزهای پلاستیکی شاخص‌بالا ضریب شکست بالاتری دارند، نور بیشتری را بازتاب می‌دهند پس نیاز بیشتری به پوشش ضد بازتاب دارند.

لنز با پوشش ضد بازتاب

آشنایی با کارکرد رنگ عدسی

عدسی های خاکستری و دودی وسبز مایل به خاکستری

معمول ترین رنگ های مورد استفاده هستند ، شدت نور را در تمامی رنگ ها به طور یکسان کم می‌کنند و کم ترین اختلالی را در دید رنگی ما ایجاد نمی کنند. این رنگ ها نور منعکس شده از سطوح درخشان را جذب می‌کنند و به همین دلیل برای رانندگی و سایر کاربردهای روزمره مناسبند.

عدسی های قهوه ای و کهربایی تیره

حسن این رنگ ها آن است که علاوه بر جذب بهتر نور آبی و فرکانس های بالا، اشعه UV را هم بیشتر جذب می‌کنند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که نورهای مریی نزدیک به UV ، مانند نور آبی و بنفش می‌توانند در دراز مدت سبب آب مروارید شوند. استفاده از این عینک ها هم مانند لنزهای زرد که در زیر به آن خواهیم پرداخت ، در تشخیص رنگی تأثیر منفی دارد اما وضوح و تمایز تصویر را بهبود می‌بخشد.

عدسی های زرد و طلایی

چون عدسی های زرد رنگ بخش آبی طیف را جذب می‌کنند، پس هنگام استفاده از آن ها اشیاء را با وضوح بیشتر و خیرگی کمتری دیده می شود. از آنجایی که این عدسی ها باعث ایجاد تغییر در رنگ اشیا می‌شود برای همین استفاده از آن ها در مواردی که به تشخیص رنگی صحیح احتیاج دارید، خوب نیست.

عدسی های صورتی

طول موج های کوتاه را جذب می کند و علاوه بر جذب اشعه UV ، با جذب رنگ آبی و بنفش کنتراست را بهبود می بخشند.

عدسی های آبی

این عدسی ها نیز با کاهش خیرگی ناشی از نور منعکس شده از سطوح ، به افزایش کنتراست کمک می کنند.

عدسی های سبز

این رنگ بخشی از نور آبی را فیلتر کرده و درخشندگی سطوح را کاهش می‌دهد. چون رنگ سبز بهترین تفکیک تصاویر و بیشترین دقت را در میان لنزهای رنگی دارد، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بازار

ارزش جهانی بازار عینک در سال ۲۰۱۶ به ۹۵ میلیارد دلار رسید وبرآورد شده این رقم تا سال ۲۰۲۰ به ۱۴۲ میلیارددلار برسد.از طرفی طبق مطالعات انجام شده حدود ۶۴ درصد مردم دنیا از عینک طبی استفاده می کنند. با توجه به این آمار اگر میزان مصرف دیگر انواع عینک ها را نیز در نظر بگیریم می توان به این نتیجه که تقاضای سالیانه انواع عینک در ایران حدود ۸ میلیون عدد می باشد.

حال اگر متوسط قیمت یک عینک استاندارد غیر برند یا بقول عینک سازان های کپی را فقط ۲۰۰ هزار تومان در نظر بگیریم ارزش بازار سالانه عینک حداقل ۲۴۰۰ میلیارد تومان بالغ می گردد. متاسفانه این بازار بزرگ و روبه رشد در اختیار کشورهای صادر کننده عینک به کشورمان از جمله چین، کره، آلمان، امارات، ترکیه و... قرارگرفته است.(این توضیح ضروری است قیمت انواع عینک های برند های اصل و معروف که حدودا ۳۰ درصد بازار را در اختیار دارند از یک میلیون تومان شروع می شود)

در حال حاضر درایران چهار کارخانه تولید انواع عدسی با توان لایه گذاری های تا ۱۶ لایه وجود دارد که متاسفانه فقط حدود ۵۰۰ هزار جفت از این تقاضای ۸ میلیون جفتی عدسی را در اختیار دارند و یا با تعطیل شدن کارخانه عینک سازی دامغان که انواع فریم علی الخصوص فریم های فلزی با آبکاری استاندارد را تولید و به بازار ارائه می کرد ، تنها یک یا دو واحد تولیدی دیگر ساخت عینک های ایمنی مشغول می باشند که لازم است برای این بازاراز طرف متولیان اقتصادی و صنعت کشور اقداماتی صورت پذیرد تا سهم بیشتری از تولید در اختیار ایرانیان قرار گیرد.کلام آخر ، لطفا آگر برای سلامت بینایی و چشم های خود ارزش قایلید، برای تهیه هر نوع عینک به متخصصان و فروشگاه های معتبر مراجعه نمایید و گواهی اصالت فریم و لنز را دریافت نمایید و به هیچ عنوان از دست فروش ها و فروشگاه ها ی متفرقه خرید نفرمایید.

از آقای هوشنگ رفیعی ، آقای مرتضی کریمی ، خانم نازنین السادات هاشمی ، آقای محسن براتی، آقای محمد حدادی، خانم فاطمه خسروی که در تهیه این گزارش همکاری صمیمانه داشته اند تشکر و قدردانی می گردد.

منابع در دفتر نشریه موجود می‌باشد.

واژه نامه

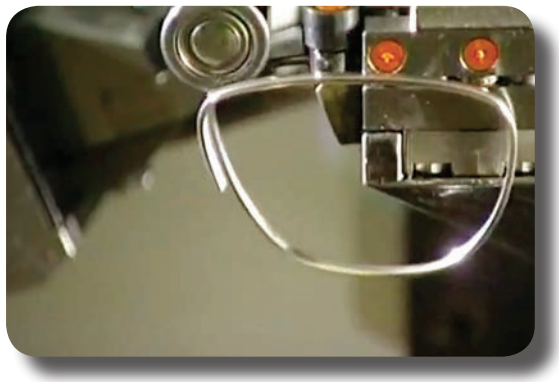
Abbe Number	عدد ابه	Colorful	شیشه ی رنگی
Angle of reflection	زاویه بازتاب	Comfort cable temples	دسته های سیم آسایش
Angle of refraction	زاویه شکست	Concave lens	عدسی مقعر
Anti reflection coating	پوششضد بازتاب	Contact Lens	عدسی تماسی
Anti-reflective Coating	پوشش‌های ضد بازتاب	Convertible temples	دسته های تغییر پذیر
antireflective or anti-reflection (AR) coating	پوشش ضد انعکاس – پوشش ضد بازتاب	Convex lens	عدسی محدب
Anti-scratch coating	پوشش ضد خش	Corrective lenses	لنز های طبی
Anti-steam coating	پوشش ضد بخار	Dark glasses	عینک دودی
Astigmatism	آستیگماتیسم	Diffusion	پخش شدن
Base Curve	توان پایه در عدسی	dowel hole	پایهی لولای دسته
bend	اولین نقطه ای از دسته که بر روی گوش خم می شود	earpiece, bend-down portion, curl	آن بخش از دسته که در زیر bendودر پشت گوش قرار دارد
Bifocal lens	عدسی دو کانونه	End piece	قسمت های بیرونی جلوی قاب که دسته ها به آنها متصل می شوند
Bifocal Lens	لنز دودید	Executive bifocal	دو کانونه ی خطی
Bioptic Telescope	عدسی دورنما	Eye wire = Rim	حدقه ریم = ها لبه دور عدسی
Blind	کور	eyeglasses	عینک
Bridge	پل	Front Frame	اجزای جلوی فریم
butt end	آن قسمت از دسته که نزدیکترین فاصله با قسمت اتصال با قاب را دارد	Glass Lenses	لنزهای شیشه‌ای
Carbon Fiber	الیاف کربن	Glaucoma	آب سیاه
Cataract	آب مروارید	Goggles	عینک ایمنی
Coloration	رنگ آمیزی	Gradual Lens	عدسی تدریجی
colorblind	کور رنگی	Half-eye Frames	فریم های نیم تنه

Hemispherical	نیم کروی	Opaque glass	شیشه ی مات
High-Index Plastic Lenses	لنزهای پلاستیکی شاخص‌بالا	Optical illusion	خطای دید
Hinges	لولا	optician	عینک ساز _ عینک فروش
Hypermetropia	دوربینی	Optics	فیزیک نور- نورشناسی
Intraocular Lens	عدسک یا لنز داخل چشمی	Optometrist	متخصص بینایی سنج ،متخصص تجویز عینک
joints	لولا ها	optometry	اپتومتری ، بینایی‌سنجی
Lens meter	لنزمتر = عدسی سنج	pads	بالشتک ها
Lense	لنز = عدسی	Pass arms	دسته های انتقالی بالشتک ها
Library temples	دسته های کتابخانه‌ای	Photochromic	عدسی حساس به نور مضر(UV)
Low vision	افراد کم بینا	Photometer	نورسنج
Luminous	روشنایی	Photosensitivity	حساسیت به نور
Medical glasses	عینک طبی	Plastic frames	فریم های پلاستیکی
Metal frames	فریم های فلزی	Plastic Lenses	لنزهای پلاستیکی
Minimum Center Thickness or Edge Thickness	حداقل ضخامت مرکز یا لبه‌ی لنز	Polarimeter	قطبش سنج
Mirror coating	پوشش آینه ای	Polarization	قطبش
Mountings	فریم های فاقد ریم	Polarizing coating	پوشش پولاریزه
Multifocal lens	عدسی چند کانونه	Polycarbonate Lenses	لنزهای پلی‌کربنات
Myopia	نزدیک بینی	Presbyopia	پیر چشمی
Near-sightedness = short-sightedness	نزدیک‌بینی	Progressive Addition Lens	عدسی تدریجی
Nose pads	بالشتک های بینی	Progressive lens	عدسی تدریجی
Nylon Cord Frames	فریم های زه پلاستیکی	protective eyewear	عینک های حفاظتی

Radiation coefficient	ضریب تابش	spectacles	عینک
radiation Infrared	تابش فروسرخ	Spectral	طیفی
Radiometer	تابش سنج	Spectrophotometer	نورسنج طیفی
reading glasses	عینک مطالعه	stereoscopy	برجسته‌بینی
Reflectometer	بازتاب سنج	Sun eyeglass	عینک آفتابی
Refraction	شکست نور	Sun glass	شیشه ی آفتابی
Reradiation	تابش مجدد	Sunglasses	عینک آفتابی
Riding bow temples	دسته های قوسی	Swimming goggles	عینک شنا
Rimless	فریم های ریم لس = بدون حدقه	Temple	دسته
Rimless frames	قاب های فلزی بدون طوقه	Temple Position	وضعیت دسته
Rubber	رابر	Tinted lenses	لنزهای رنگی
Safety glass	شیشه ی نشکن	Transmission	عبور
Safety glasses	عینک ایمنی	Trifocal lens	عدسی سه کانونه
Semi rimless Mountings	فریم های نیمه ریم لس	Trifocal Lens	لنز سه دید
shaft	ساقه دسته	Ultraviolet	فرابنفش
Shaft = shank	بخشی از دسته که مابین butt و end قرار می گیرد bend	Ultraviolet radiation	تابش فرابنفش
shield	حفاظ فلزی	Ultraviolet rays	اشعه فرابنفش
Single Vision lens	عدسی تک دید	Vaccum coating	آبکاری در خلا- فلز نشانی در خلا
Single Vision Lens	لنز تک دید	Visible radiation	تابش مرئی
Skull temples	دسته های جمجمه ای	Vision	دید
spectacle maker	عینک ساز		

سیمای آبکاری

پرزنت انواع پوشش های در خلا و بازار جهانی



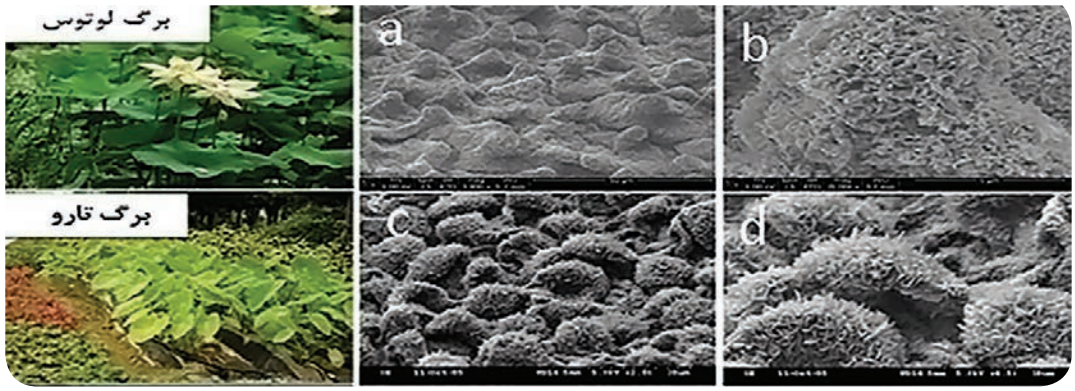
مراحل ساخت فریم

معرفی یک شرکت سازنده لنز در ایران

مراحل ساخت لنز

ده عینک گرانبها

مروری بر بررسی سطوح فوق آب گریز پوشش های نانو کامپوزیت پایه ی آلیاژ نیکل-پلی تترافلوئورواتیلن (PTFE) ایجاد شده به روش ترسیب الکتروشیمیایی



میر قاسم حسینی
استاد،گروه شیمی فیزیک دانشکده شیمی دانشگاه تبریز
رحمان جعفرزاده حسنلویی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد،گروه شیمی فیزیک دانشگاه تبریز
احسان شالچی؛ ارشد مکاترونیک ، پژوهشگاه فضایی ایران – پژوهشکده ی رانشگرهای فضایی

آب‌دوستی یا آب‌گریزی یکی از خصوصیات فیزیکی سطحی یک ماده، به حساب می آید. مواد آب‌گریز به‌دلیل ناهمواری‌های سطحی میکرومتری و نانومتری خود، اجازه پخش یا جذب شدن آب به روی سطح را نمی‌دهند و از این‌رو باعث قطره‌ای شدن آب و سر خوردن آن می‌شوند. برخلاف این دسته از مواد، سطح مواد آب‌دوست به‌گونه‌ای است که باعث پخش شدن کامل آب روی سطح و در نتیجه تشکیل یک لایه نازک از آب می‌گردد. سطوح فوق آب گریز یا سوپر هیدروفوب اغلب در طبیعت به طورفراوان مانند برگ گیاهان، پا و بال حشرات یافت می شود. آب در آن سطوح به صورت دانه های کوچک و ریز با زاویه تماس بالا (بیشتر از ۱۵۰درجه) قرار گرفته و با شیب دار شدن سطح سریع مانند پودر سرازیر شده و از روی سطح می ریزند. این پدیده جالب باعث تحقیقات زیادی در زمینه ایجاد سطوح فوق آب گریز برای کاربردهای مختلف شده است. این نوع پوشش ها پتانسیل بالای را برای کاربرد در بسیاری از زمینه ها، نظیر صنایع هوایی، تجهیزات سیال میکرونی، صنایع الکتریکی و پوشش های خود تمیزشونده ایجاد کرده اند. یکی از پوشش های نانوکامپوزیتی که به دلیل خواص مکانیکی مطلوب و مقاومت به خوردگی بالا، مورد توجه قرار گرفته، پوشش نانوکامپوزیتی نیکل-پلی تترافلورواتیلن (PTFE) می باشد که آب گریزی و ایجاد سطوح فوق آب گریز، یکی از زمینه های تحقیق و مطالعه درمورد این پوشش ها می باشد. در این مقاله به بررسی و نتایج پژوهش های انجام گرفته بر روی خواص فوق آب گریزی، مقاومت به خوردگی، سختی و سایش مورفولوژی پوشش های کامپوزیتی پایه آلیاژ نیکل-پلی تترا فلوئورو اتیلن به روش ترسیب الکتروشیمیایی پرداخته شده است.

۱- مقدمه

سطوح آب گریز نخستین بار با کشف ریز ساختار برگ نیلوفر آبی که برخلاف ظاهر صافش دارای سطحی زبر در مقیاس میکرو و نانو است، مورد توجه قرار گرفت[۱]. در این گیاه، آب به محض تماس با سطح به شکل قطرات کروی تجمع یافته و با لغزش از روی سطح ذرات آلوده و خاک را با خود از روی سطح می‌زداید. بنابراین سطوح آب گریز با سازوکاری مشابه برگ‌های نیلوفر آبی علاوه بر دفع آب از روی سطح خود توانایی دفع آلودگی‌ها شامل ذرات جامد، مایعات آلی و آلودگی‌های زیستی را نیز دارند. زمانی که یک سطح دارای بافت زبری در مقیاس نانومتری باشد، فصل مشترک بین هوا و آب در یک قطره که روی سطح قرار گرفته، افزایش یافته و نیروی مویینگی بین قطره و سطح به شدت کم می‌شود. بنابراین، قطره ی آب شکل کروی به خود می‌گیرد و امکان ایستایی ذرات آب روی سطح از بین می‌رود[۲]. خاصیت فوق آب گریزی یکی از ویژگی های منحصر به فردی است که باعث دفع زیاد آب می شود. در سطوح فوق آب گریز زاویه ی تماس (WCA) بزرگتر از ۱۵۰° و زاویه ی لغزش (SA) آب کمتر از ۱۰°می باشد. به دلیل تحرک زیاد قطرات آب و چسبندگی کم بر روی این سطوح خواص زیادی نظیر خاصیت خود تمیز شوندگی، سطوح رسوب زدا، مقاوم در برابر خوردگی و یخ گریزی را می توان به دست آورد[۳-۵]. وجود این خواص در این پوشش ها پتاسیل بالایی را برای کاربرد در زمینه های مختلف نظیر صنایع الکتریکی، صنایع خودرو، تجهیزات سیال میکرونی، صنایع هوایی و پوشش های خود تمیزشونده را فراهم می کند. از لحاظ تجاری هزینه بالای بسیاری از فرایند های تولید سطوح فوق آب گریز و دانش کم از مدت زمان پایداری این پوشش ها باعث ایجاد محدودیت هایی می شود. [۶و۷]

درسال های اخیر، سطوح فوق آب گریز با زاویه خیس شوندگی بیشتر از ۱۵۰° مورد توجه بسیاری قرار گرفته است.[۸و۹]. دو عامل مهم در ساخت سطوح فوق آب گریز، حضور ساختارهای سلسله مراتبی میکرو- نانو روی سطح و انرژی سطحی پایین است .[۱۰و۱۱] در واقع ایجاد زبری روی سطح، باعث افزایش مساحت شده و به دنبال آن انرژی سطحی کاهش می یابد. بنابراین انرژی سطحی پایین به عنوان فاکتور اصلی در فوق آب گریز شدن سطح ارزیابی می شود و زبری عامل تشدیدکننده آن است.[۱۲]

۲-روش های ایجاد سطوح فوق آب گریز

به طور کلی از دو روش برای ساخت سطوح فوق آب گریز استفاده می شود: روش اول ایجاد یک سطح زبر با ساختار های میکرو و نانو روی موادی با انرژی سطحی پایین و روش دوم، اصلاح یک سطح زبر توسط مواد با انرژی سطحی پایین است. روش اول اگرچه یک روش تک مرحله ای است ولی به مواد کمی محدود می شود. تعدادی از روش هایی که تا به حال برای تولید سطوح زبر در روش دوم استفاده شده شامل اچ پلاسمایی، اکسیداسیون آندی، رسوب بخار شیمیایی، جدایش فازی، سل ژل و ترسیب الکتروشیمیایی است. بسیاری از این روش ها به دلیل شرایط سخت تولید، استفاده از مواد گران قیمت و فرایند های چند مرحله ای و پیچیده سبب محدودیت در کاربرد آن ها شده است.[۱۵-۱۱] بنابراین تلاش های زیادی جهت تولید سطوح فوق آب گریز توسط روش تک مرحله ای، ساده و کم هزینه صورت گرفته است. اخیرا کارها و پژوهش های صورت گرفته در جهت ایجاد سطوح فوق آب گریز با زمینه ی فلزی می باشد. در میان این روش ها ترسیب الکتروشیمیایی یکی از تکنیک های چند منظوره بدون نیاز به تجهیزات گران قیمت نسبت به روش های ذکر شده می باشد. علاوه بر این، به طور مرسوم برای مقایس صنعتی نیز مناسب می باشد. [۱۶]. رنج وسیعی از پوشش های آب گریز از جمله نیکل ، مس، کبالت، سریم و لایه های کامپوزیتی فلزی با کنترل پارامتر های ترسیب، اضافه کردن سورفاکتانت و قرار دادن ذرات در ماتریکس پوشش اصلاح می شود. بنابراین با هم رسوبی ذرات نانو و میکرو در ماتریکس فلزی به روش رسوب دهی الکتریکی می توان زبری سطح را اصلاح کرد و در نتیجه باعث تغییرخاصیت ترشوندگی سطح شد. ذراتی با انرژی سطحی پایین مثل : $MoSe_2$,BN ,PTFE ,WS_2 , MoS_2 ،... کاندیداهای مناسبی برای هم رسوبی با فلز، جهت به دست آوردن خواص آب گریزی پوشش های کامپوزیتی زمینه ی فلزی می باشد[۱۷]. سطوح فوق آب گریز ایجاده شده به روش رسوب دهی الکتریکی در سه دسته بندی اصلی قرار می گیرند[۱۸].

- سطوح زبر با ساختار های سلسله مراتبی میکرو - نانو
- سطوح زبر و اصلاح این سطوح توسط موادی با انرژی سطحی کم
- رسوب هم زمان ذرات آب گریز خنثی با ماتریکس فلزی

۳-مفهوم آب گریزی

زاویه تماس آب برای سطوح صاف و همگن (شکل ۱ b) ابتدا توسط معادله یانگ، به صورت رابطهٔ ۱ و از برآیند انرژی های سطحی بین فازهای مختلف، تعریف شد[۱۹].

$$\gamma_{sv}=\gamma_{lv}\cos\theta_Y+\gamma_{sl} \qquad (۱)$$

در این رابطه θ زاویهٔ تماس مایع با سطح جامد ،γ_{lv} انرژی فصل مشترک بین مایع و فاز بخار ، γ_{sl} انرژی فصل مشترک بین جامد و مایع، γ_{sv} انرژی فصل مشترک بین جامد و بخار است. رابطه ۱ نشان می دهد که هر پارامتری که بر میزان انرژی سطحی فازجامد تاثیرگذارد، می تواند بر زاویه ی تماس آب تاثیر بگذارد [۲۰]. در نتیجه می توان استنباط نمود که پارامترهای ریزساختاری شامل نوع فازها، توزیع عناصر و اندازه دانه ها بر زاویه ی تماس آب موثرهستند. همچنین اندازه دانه ها با توجه به تفاوت انرژی درونی دانه ها با مرزدانه ها می تواند برانرژی سطحی تاثیرگذار باشد. علاوه بر این توزیع عناصر در سطح نیزباعث تغییردرنوع و مقدار فازها، میزان فصل مشترکها در سطح و در نهایت تغییر انرژی سطحی می شود. با توجه به اینکه معادلهٔ یانگ فقط در مورد سطوح صاف صحیح می باشد، دو مدل دیگر برای توضیح اثرات زبری سطحی بر روی آب گریزی پیشنهاد شده است.

در صورتی که یک قطره در تماس با سطح بتواند به داخل تمام حفره ها و شیارهای سطحی نفوذ کند(شکل ۱ b)، زبری سطح باعث افزایش سطح تماس می شود. ونزل رابطه ی۲ را برای زاویه ی تماس بر روی چنین سطوح زبری، θW پیشنهاد کرده است. درجایی که θ_w زاویه ی تماس ونزل r_w پارامتر زبری و θ_Y زاویه تماس در معادلهٔ یانگ می باشد. پارامتر زبری، r_w ، توسط رابطه ی ۲ تعریف می شود[۱۹].

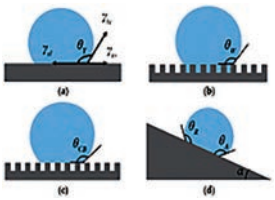
$$\cos\theta w= r_w\cos\theta_Y \qquad (۲)$$

r_w عددی بزرگتر از۱ است و با افزایش زبری افزایش می یابد. مطالعات نشان داده است که در شرایطی که مایع بتواند به درون تمام شیارها و زبری های سطحی نفوذ کند (شرایط رابطه ونزل که عموما در زبری سطح کم غالب است)، اگرزاویه ی تماس سطح صاف بیش از۹۰ درجه باشد، با زبرکردن سطح زاویهٔ تماس افزایش و اگرزاویهٔ تماس سطح صاف کمتراز ۹۰ درجه داشته باشد، زاویه تماس بعد از زبرکردن کاهش می یابد[۲۱]. به عبارتی، سطوح ذاتا آب دوست با افزایش زبری آب دوست تر می شوند و با کاهش زبری زاویه تماس آن ها افزایش می یابد. از طرف دیگر، سطوح آب گریز با افزایش زبری آب گریزتر و با کاهش زبری آب دوست تر می شوند[۲۲].

مدل کسی - بکستر برای شرایطی پیشنهاد شده است که مایع نتواند به داخل حفره های سطح نفوذ کند و فقط بر روی ناهمواری های سطحی قرار گیرد(شکل c ۱). کسی و بکستر برای توضیح زاویه ی تماس بر روی سطوح زبر در این شرایط، θ_{CB} ، معادلهٔ ۳ را پیشنهاد دادند[۲۳و۲۴].

$$\cos\theta_{CB}=f_s(\cos\theta_{۱}+۱)-۱ \qquad (۳)$$

درجایی که f_s کسر سطح جامد در تماس با قطره مایع و θ_w زاویهٔ تماس ونزل می باشد. با توجه به این رابطه می توان پیش بینی کرد که با افزایش کسر هوای گیر افتاده داخل حفرات سطح زبر، مقدار f_s کاهش یافته و در نتیجه زاویهٔ تماس افزایش می یابد.

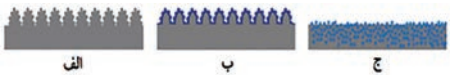


شکل(۱) تصاویر شماتیکی قطره ی آب بر روی سطح؛ مدل یانگ (a) مدل ونزل (b) مدل کسی-بکستر(c) زاویه ی لغزش قطره ی آب

تحقیقات نشان داده شده است که زمانی که سطح دارای زبری با ساختارسلسله مراتبی میکرو و نانو باشد، f_s به شدت کاهش و در نتیجه آب گریزی به شدت افزایش می یابد[۲۵].

۴- ایجاد سطوح فوق آب گریز به روش ترسیب الکتروشیمیایی

ترسیب الکتروشیمیایی یکی از روش های است که به طور وسیع جهت ایجاد پوشش فلزی بر روی فلز پایه ی مورد نظر جهت بهبود خواص ظاهری، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش و ... استفاده می شود. مورفولوژی سطح پوشش ایجاد شده به وسیله ی پارامتر های زیادی نظیر دانسیته ی جریان پوشش دهی، افزودنی های ترکیب حمام پوشش دهی و ترکیب شیمیایی حمام، کنترل می شود[۳و۱۸]. به طور کلی ایجاد سطوح فوق آب گریز به وسیله ی ترسیب الکتروشیمیایی در سه دسته ی اصلی طبقه بندی می شوند،که درشکل۲ آورده شده است. الف) سطح فقط با ساختار زبر و برجسته ب) سطح زبر و اصلاح شده با موادی که انرژیی سطحی پایینی دارند ج) همرسوبی فلز با ذرات آب گریز (ذراتی که انژری سطحی پایینی دارند) و قرار گرفتن این ذرات در ماتریکس فلزی. لازم به ذکر است که کارهای قابل توجهی در زمینه ی رسوب هم زمان این ذرات آب گریز با ماتریکس فلزی به وسیله ی فرایند ترسیب الکتروس یا بدون جریان برق صورت گرفته است. با این وجود به دلیل متفاوت بودن فرایند ترسیب الکترولس، در این بررسی آورده نشده است[۲۶و۲۷].



شکل(۲) تصاویر شماتیکی از برش عرضی الف) سطح زبر ب) سطح زبر اصلاح شده با مواد شیمیایی ج) کامپوزیت ماتریکس فلزی با ذرات آب گریز

۴-۱ پوشش فوق آب گریز برپایه ی زبری سطح

در بخش زیر، سطوح فوق آب گریز ایجاده شده به روش تک مرحله ای ترسیب الکتروشیمیایی فقط با ایجاد سطح زبر (بدون اصلاح کردن شیمیایی سطح با موادی که انرژی پایین دارند) مورد بررسی قرار خواهد گرفت. روش های سنتز چنین رسوباتی نظیر رسوب دهی الکتروشیمیایی معمولا ساده و آسان است.

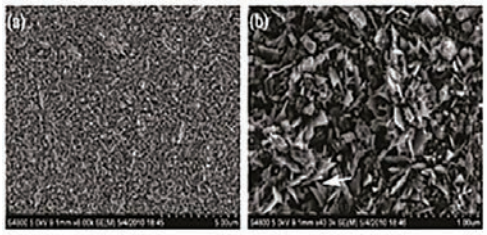
۴-۱-۱ آب گریزی پوشش نیکل بر پایه ی زبری سطح

درمیان فلزات مختلف، نیکل دارای خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی است،که به عنوان اولین فلز، در صنعت آبکاری به عنوان پوشش به کار برده شد. پوشش نیکل باتوجه به داشتن یک سری خصوصیات ویژه، دارای یک عده معایبی است که کاربرد آن را برای برخی اهداف محدود می سازد. مثلاً سختی فلز نیکل در مقایسه با کروم خیلی کم است، یا اینکه دارای ضریب اصطکاک بالایی است. به منظور اصلاح این نقص ها و محدودیت ها و بهبود خواص دیگر پوشش نیکل، یکی از راه حل ها این است که از روش های مختلف ترسیب فلز یا اینکه از عناصر مختلف به همراه نیکل استفاده شود، مثلاً وجود تنگستن(W)، مولیبدن(Mo) و ... ، که هر یک باعث ارتقا ی برخی ویژگی های پوشش نیکل می شوند. به دلیل این خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی خوب، فلز نیکل به عنوان یکی از کاندید های خوب در ایجاد سطوح فوق آب گریز می باشد[۲۸]. سطوح فوق آب گریز نیکل را می توان از الکترولیت های بر پایه ی محلول های آبی ، مایعات یونی و محلول آلی به دست آورد. و دراین بررسی باتوجه به خواص ذکر شده در مورد فلز Ni خاصیت فوق آب گریزی ایجاد شده به وسیله ی PTFE و سایر خواص آن، مورد مطالعه و بررسی قرار داده شده است.

هنگ [۱۶] و همکارانش اولین بار پوشش فوق آب گریز نیکل را از محلول آبی محتوای اتیلن دی آمین دی هیدروکلراید به عنوان یک افزودنی جهت بهبود کریستال های مخروطی شکل، به دست آوردند. در این روش، فرآیند ترسیب الکتروشیمیایی شامل دو مرحله می باشد: مورفولوژی پوشش اولیه با ساختار های مخروطی شکل میکرومتری با شدت جریان $۲۰\ mA/cm^۲$ به مدت ۱۰ دقیقه ایجاد شد. سپس کریستال های نانو مخروطی بر روی ساختار های میکرو با اعمال شدت جریان $mA/cm^۲$ ۵۰ تشکیل شد و در نهایت ساختار های سلسله مراتبی میکرو - نانو به دست آمد. زاویه ی تماس به دست آمده با این روش، ۱۵۴° گزارش شد. باتوجه به معادله ی کسی – بکستر می توان توضیح داد که با افزایش کسر هوای گیر افتاده در داخل حفرات سطح زبر، سطح تماس فلز نیکل با قطره ی مایع به شدت

کاهش یافته و در نتیجه آب گریزی شدیدا افزایش می یابد. در صورتی که زاویه ی تماس آب روی سطح پوشش نیکل صاف بین ۷۹-۸۷ می باشد. دراین راستا خرسند[۱۴] و همکارانش پوشش نیکل فوق آب گریز بر روی زیر لایه ی مس را اعمال کردند و با استفاده از تکنیک های پلاریزاسیون تافل و طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی مشاهده کردند که مقاومت به خوردگی پوشش به طور قابل توجهی با ایجاد خاصیت فوق آب گریزی افزایش یافت. بنابراین این نوع پوشش ها پتانسیل بکار گیری بالایی را درمحیط های شدیدا خوردنده دارا می باشند. همچنین فرزانه [۲۹] و همکارانش پوشش های فوق آب گریز نیکل را به روش تک مرحله ای ترسیب الکتروشیمیایی به دست آوردند. و تاثیر دانسیته ی جریان و مدت زمان ایجاد پوشش بر روی خاصیت آب گریزی و میزان خوردگی پوشش را مورد مطالعه قرار داند. سطوح با ساختار سلسه مراتبی میکرو و نانو رفتار خاصیت آب گریزی را از خود نشان دادند. و با استفاده از تکنیک های طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و تکنیک پلاریزاسیون تافل، رفتار الکتروشیمیایی مورد ارزیابی قرار دادند. بررسی ها نشان داد که دانسیته ی جریان و مدت زمان آبکاری تاثیر اساسی در ایجاد سطوح فوق آب گریز دارند. شرایط بهینه ی دانسیته ی جریان mA/cm^2 ۳ و مدت زمان ترسیب s ۶۰۰ می باشد. به این نتیجه رسیدند که زاویه ی تماس آب در این شرایط بهینه بیشتر از 150°می باشد و بیشترین مقاومت به خوردگی و کمترین جریان خوردگی به دست می آید.

هم چنین پوشش نیکل فوق آب گریز، با سطوحی با مورفولوژی متفاوت، به وسیله ی الکترولیت های بر پایه ی مایعات یونی با استفاده از جریان های مختلف آبکاری ایجاد شد. همانطور که گو[۳۰] و تو الکترولیت های بر پایه ی مایعات یونی شامل یک حلال یوتکتیک عمیق کولین کلرید، اتیلن گلیکول و نیکل کلرید می باشد، گزارش دادند. این نوع الکترولیت ها در مقایسه با الکترولیت های معمول ، فشار بخار ناچیز و پایداری حرارتی بالا و رسانایی بالایی دارند بنابراین برای فرایند های سنتز،گزینه های کنترل بیشتری را فراهم می کنند. در این مطالعه محدوده ی دمایی حمام مورد استفاده ۹۰ درجه سانتی گراد می باشد که با اعمال سه ولتاژ مختلف: ولتاژ ثابت (CV)، ولتاژ پالسی (PV) و ولتاژ پالسی معکوس (RPV) انجام گرفت. در هریک از ولتاژهای موجی اعمال شده سطوحی با مورفولوژی و زبری متفاوت از پوشش نیکل به دست آمد. در حالت اعمال ولتاژ ثابت (CV)، سطح پوشش نیکل با ساختار نانو صفحه ای به دست آمد که در شکل ۳ اورده شده است. هنگامی که ولتاژ پالسی (PV)، به کار گرفته شد نانو رشته های منظم و موازی تشکیل شدند و درآخر بااعمال ولتاژ پالسی معکوس (RPV)، ساختار با سلسله مراتبی گل مانند تشکیل شد. فیلم های نیکل به دست آمده با اعمال ولتاژ موجی متفاوت خاصیت آب گریزی را از خود نشان دادند. در نتیجه بدون هیچ اصلاح کننده ی شیمیایی زاویه ی تماس بالای 164° و زاویه ی لغزش کمتر از 3° برای ساختارهای نانو صفحه ای گزارش شد. علاوه براین با اندازه گیری مقدار خوردگی پوشش های تشکیل شده، کمترین مقدار خوردگی نیز برای آن ها به دست آمد.



شکل(۳)تصاویر SEM به دست آمده از پوشش نیکل با مورفولوژی نانوصفحه ای در ولتاژ ثابت شکل a) بزرگنمایی کم شکل b) بزرگنمایی زیاد

پوشش نیکل با موفولوژی سطح شبیه ساختار گل کلمی از الکترولیت آلی حاوی اتانول، نیکل کلرید و میریستیک اسید(یک اسید چرب اشباع شده) به دست آمد. این نوع سطوح با ساختار های گل کلمی خاصیت آب گریزی عالی دارند. و زایه تماس ۱۶۴درجه و زاویه ی لغزش کمتر از ۲ می باشد. سطح با ساختارهای شبیه گل کلمی از نیکل و نیکل میریستات تشکیل شده است. هنگامی که یون های نیکل در سطح کاتد به نیکل فلزی جامد تبدیل می شوند، هم زمان با ترسیب یون های نیکل در نزدیکی کاتد با اسید میریستیک با اعمال پتانسیل، نیکل مریستات تشکیل می شود[۳۱]. علاوه بر فلزات خالص، بر روی سطح آلیاژهای فلزی هم می توان خاصیت آب گریزی را به روش ترسیب الکتروشیمیایی ایجاد کرد. یو[۳۲] و همکارانش پوشش آلیاژی فوق آب گریزNi-Cu-P را از الکترولیت های آبی تهیه کردند و با مطالعه ی مورفولوژی سطح مشاهده کردندکه ساختار های سلسله مراتبی گل کلمی بر روی سطح پوشش آلیاژی تشکیل می شود در صورتی که مورفولوژی سطح پوشش نیکل خالص صاف و بدون زبری می باشد. ساختار های گل کلمی شکل ایجاد شده بر روی پوشش آلیاژی به دلیل متفاوت بودن پتانسیل احیای دو فلز مس و نیکل می باشد. در این روش زاویه ی خیس شوندگی پوشش آلیاژی 153° به دست آمد. بنابراین با وجود زاویه ی خیس شوندگی بالای رسوبات آلیاژی ، با وارونه کردن سطح قطرات آب همچنان بر روی سطح چسبیده و باقی می مانند. بنابراین پیشنهاد کردند که سطح چسبنده از حالت ونزل پیروی می کند.

۴-۲ ایجاد پوشش فوق آب گریز به روش ترسیب الکتروشیمیایی برپایه ی زبری سطح و اصلاح کننده ی شیمیایی

در این روش ابتدا سطح زبر به طریق ترسیب الکتروشیمیایی تهیه می شود سپس سطح زبر ایجاد شده در محلولی حاوی موادی با سطح انرژی پایین نظیر اسید های چرب اشباع و ترکیبات فلوئور دار و ... غوطه ور می شود و در نهایت خواص مورد نظر به دست می آید.

۴-۲-۱ آب گریزی پوشش نیکل برپایه ی زبری سطح و اصلاح کننده ی شیمیایی

در ترسیب الکتروشیمیایی پوشش نیکل، با اصلاح موادی با انرژی سطحی کم، می توان سطوحی با مورفولوژی های متفاوت، با خاصیت آب گریزی را ایجاد کرد. سو[۳۳] و یائو در دو مرحله سطوحی با ساختارهای مخروطی شکل را ایجاد کردند: الف)

مرحله ی اول ترسیب الکتروشیمیایی با استفاده ازحمام وات انجام شد و در مرحله ی بعدی عملیات حرارتی با استفاده از کوره در حلال فلورینه صورت گرفت. بعد از انجام مراحل صورت گرفته زاویه ی خیس شدگی $^{\circ}$ ۱۶۲ و زاویه ی لغزش $^{\circ}$ ۳ به دست آمد. چن[۳۴] و همکارانش پوشش نیکل با ساختار های نانو مخروطی را با استفاده ازحمام شامل $NiCl_2$, H_3BO_3 و اصلاح کننده ی کریستال های سطح به دست آوردند. در این پژوهش پارامترهایی مثل: تاثیر دانسیته ی جریان و مدت زمان آبکاری بر روی ساختار و مورفولوژی سطح و در نتیجه رفتار خیس شوندگی مورد مطالعه قرار گرفت. بعد از ترسیب الکتروشیمیایی، پوشش به دست آمده در استاریک اسید (اسید چرب اشباع با زنجیره ی ۱۸ کربنی) غوطه ور شد. هنگامی که زمان پوشش دهی ۱ دقیقه و دانسیته ی جریان mA/cm^2 ۱۰ اعمال شد، میانگین نانو مخروط های به دست آمده ۲۱۴ nm و میانگین قطر مخروط ها ۹۰ nm و در نتیجه زاویه ی تماس آب $^{\circ}$ ۱۴۸ به دست آمد ولی وقتی سطح به صورت کج قرار داده شد قطر ه ی آب بر روی سطح نلغزید. با اعمال دانسته ی جریان mA/cm^2 ۲۰ بمدت ۱۰ دقیقه ارتفاع و قطر ریشه ی مخروط ها آن ها بترتیب تا ۸۷۲ nm و ۵۰۰ nm افزایش یافت. در این حالت زاویه ی ترشوندگی به $^{\circ}$ ۱۵۵ افزایش یافت و به طور قابل توجهی زاویه ی لغزش تا کمتراز $^{\circ}$ ۱ به دست آمد. آن ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع مخروط ها قطره های به دام افتاده در داخل دره های بین مخروط ها کاهش می یابد.

۳-۴ هم رسوبی پوشش نیکل با ذارت فاز ثانویه

رسوب هم زمان ذرات سخت نظیر اکسیدها، کاربیدها و ... با یک فلز در روش های ترسیب الکتروشیمیایی به طور وسیع جهت ایجاد پوشش های کامپوزیتی با ماتریکس فلزی با هدف بهبود خواصی ازجمله مقاومت در برابر سایش، کشش، سختی و ... به طور وسیعی به کار برده می شود[۳۵]. خاصیت آب گریزی را نیز می توان با رسوب هم زمان نانو ذرات خنثی با فلز ایجاد کرد. در این روش، الکترولیت آبی، حاوی نمک فلزی حل شده و ذرات خنثی می باشد و گاهی سورفاکتانت ها جهت دیسپرس نمودن این ذرات خنثی اضافه می شوند. دو روش برای آب گریز کردن پوشش های کامپوزیتی فلزی با هم رسوبی ذرات وجود دارد: ۱) هم رسوبی ذرات خنثی مثل TiO_2، با فلز جهت به دست آوردن ساختارهای سلسله مراتبی زبر و به دنبال آن استفاده از اصلاح کننده ی سطح با موادی که انرژی سطحی پایینی دارند ۲) هم رسوبی با ذرات آب گریزی از جمله پلیمرهایی مانند PTFE (پلی تترا فلوئورو اتیلن) و PCTFE (پلی کلرو تری فلوئورو اتیلن) و ... . پلی تترا فلوئورواتیلن (PTFE) پلیمر آب گریز مشتق شده از تترا فلوئورواتیلن (TFE) با فرمول مولکولی (CF_2CF_2) با وزن مولکولی بالا می باشد که متشکل از اتم های کربن و فلوئور می باشد. فلوئوروکربن، جامدی است که به صورت آب گریز بوده و به دلیل الکترونگاتیوی بالای اتم های فلوئور، دارای نیروهای بین مولکولی ضعیف لاندون می باشد. PTFE دارای خواص مقاومت حرارتی بالا، مقاومت خوردگی بالا، ضریب اصطکاک بسیار عالی و روانکاری بالایی می باشد. بنابراین برای تهیه نانوکامپوزیت ها مورد استفاده قرار می گیرد و یکی از پلیمرهایی استراتژیک است که در بهبود خواص مهندسی سطح کاربرد گسترده ای دارد. ذرات PTFE با اندازه های مختلف به کمک سورفاکتانت ها وارد وان آبکاری دیسپرس نموده و به طور هم زمان با یک فلز پایه مانند نیکل ترسیب الکتروشیمیایی می کنند.[۳۶]

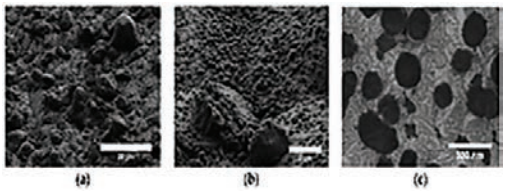
۴-۳-۱ آب گریزی کامپوزیت های پایه آلیاژ نیکل- پلی تترافلوئورواتیلن (Ni-PTFE)

چندین مطالعه و تحقیق در مورد تاثیر ذرات PTFE بر خاصیت آب گریزی و فوق آب گریزی پوشش به روش ترسیب الکتروشیمیایی صورت گرفته است. در اکثر آن ها زاویه ی تماس بالای ۱۵۰ به دست آمده است[۳۷و۳۸]. وانگ[۳۷] و همکارانش با استفاده از حمام وات پوشش کامپوزیتی Ni-PTFE را با به کارگیری سورفاکتانت کاتیونی جهت دیسپرس نمودن ذرات PTFE به اندازه ی ۰,۳ µm را تهیه کردند. مقدارذرات PTFE موجود در پوشش کامپوزیتی به غلظت ذرات موجود در الکترولیت مورد استفاده بستگی دارد. ذرات PTFE به طور یکنواخت در ماتریکس پوشش فلزی پخش شدند. آن ها مشاهده کردند که زبری سطح پوشش با هم رسوبی ذرات PTFE با ماتریکس فلزی افزایش می یابد. بیشترین مقدار ذرات PTFE موجود درپوشش شامل ۴۷ درصد حجمی می باشد که دراین حالت زاویه ی خیس شوندگی $^{\circ}$ ۱۵۵ را به دست آوردند.

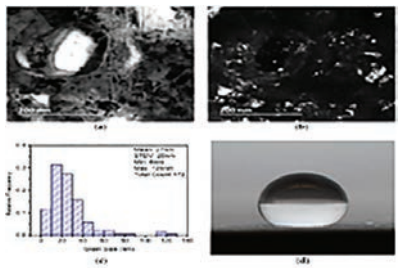
۴-۳-۲ پوشش های کامپوزیتی نانوکریستال Ni-PTFE

تام[۳۷] و همکارانش پوشش های فوق آب گریز Ni-PTFE با ساختار نانو کریستال را به دست آورند. در شکل ۴ تصاویر به دست آمده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ازپوشش های نانو کریستال با ساختار شبیه برگ های لوتوس مشاهده می شود. دوگانگی زبری(ساختارهای میکرو و نانو) سطح پوشش با موفولوژی و ساختار شبیه برگ های لوتوس با هم رسوبی ذارت PTFE در دو اندازه ی مختلف، به دست آمد. الف) ذرات میکرونی نامنظم شکل با میانگین اندازه ی µm ۶ ب) ذرات کروی شکل زیر میکرونی با میانگین اندازه ی µm ۰,۳ در بزرگنمایی کم (شکل a ۴) برآمدگی ذرات درمقیاس میکرو را می توان به طور واضح مشاهده کرد. در بزرگنمایی های زیاد (شکلb ۴) می توان مشاهده کرد که ذرات بزرگتر PTFE، ساختار کلاستر از ذره های زیر میکرونی تشکیل داده اند که این ذرات زیر میکرونی به طور یکنواخت در ماتریکس نیکل پخش شده اند. با تصاویر به دست آمده از بزرگنمایی زیاد (شکل c ۴)، ماتریکس فلزی، با دانه بندی بسیار خوب از ذرات PTFE در حال رشد را می توان به طور واضح مشاهده کرد. اندازه ی دانه ساختار نانوکریستال Ni با استفاده از میکروسکوب الکترونی عبوری به دست آمد. با توجه به تصاویر به دست آمده از مقطع عرضی در میدان های تاریک و روشن، بلور هایی با اندازه ی دانه ی کمتر از nm ۱۰۰ را می توان به وضوح مشاهده کرد.(شکل a,b ۵). توزیع اندازه ی دانه ها در پوشش همانطور که در (شکل c ۵) مشاهده می شود، نشان می دهد که میانگین اندازه ی دانه هادر ماتریکس نیکل nm ۲۷ است.

دانه بندی خوب ساختار به دلیل افزایش دانسیته ی جریان موثر،

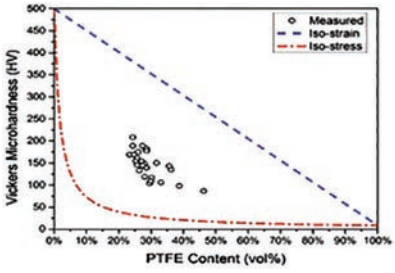


شکل(۴) تصاویر گرفته شده با SEM از نانو کریستال های Ni-PTFE با ساختار شبیه برگ لوتوس شکل a) بزرگنمایی کم شکل b) بزرگنمایی متوسط شکل c) بزرگنمایی زیاد



شکل(۵) تصاویر بدست آمده ازنانوکریستال های پوشش کامپوزیتی Ni-PTFE با استفاده از TEM، شکلa) میدان روشن شکلb) میدان تاریک شکل c) توزیع اندازه دانه های Ni شکلd) زاویه تماس آب°۱۵۲ پوشش کامپوزیتی محتوای ۷۰ درصد حجمی از PTFE

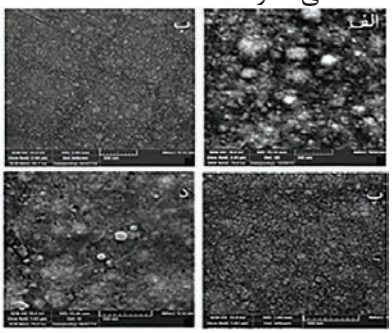
هنگامی که ذرات PTFE هم زمان با فلز نیکل رسوب می کنند، می باشد. زاویه تماس آب درپوشش کامپوزیتی حاوی ۷۰ درصد حجمی PTFE ° ۱۵۲ و زاویه ی لغزش قطره ی آب ° ۳۰ به دست آمد (شکل d ۵). این مشاهدات نشان می دهد که قطره ی آب از ترکیب معادله ی ونزل وکسی- بکستر پیروی می کند، زیرا این خاصیت زبری در دو مقیاس میکرو و نانو، اجازه می دهد مقداری هوا در زیر قطرات آب به دام بیافتد و باعث تحرک بالای قطرات وقتی سطح بصورت کج قرار داده می شود، بشود. همچنین میکروسختی پوشش های کامپوزیتی Ni-PTFE مورد ارزیابی قرار گرفتند که در شکل ۶ مشاهده می شود. طبق نمودار، مشاهده می شود که میکروسختی پوشش به طور شدید به مقدار ذرات PTFE موجود در پوشش بستگی دارد. حد تئوری میکروسختی برای پوشش نیکل بدون ذرات PTFE با ساختار نانو کریستالی با میانگین اندازه ی دانه nm ۲۷، HV ۵۰۰ و برای پوشش حاوی درصد بالای PTFE، HV ۸ به دست آمد. اندازه گیری مقدار میکروسختی درحالت مقدار حدی است، که این مقدار اشاره به شرایط بدون فشار و تنش، برای ذرات کامپوزیتی دارد[۳۹].



شکل(۶) تاثیر مقدار نانو ذرات بر میزان میکروسختی پوشش کامپوزیتی Ni-PTFE برحسب ویکرز(HV)

۵- مقاومت به خوردگی، پایداری مکانیکی و سایشی پوشش های نانو کامپوزیت پایه آلیاژ نیکل

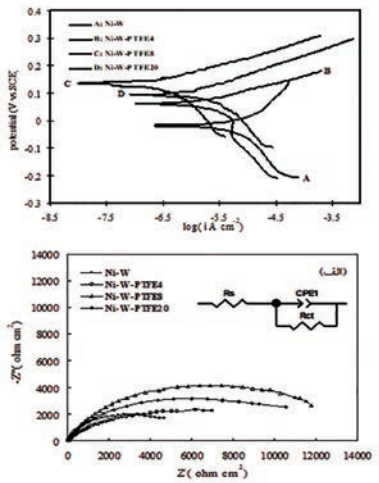
حسینی[۴۰و۴۱] و همکارانش پوشش های نانوکامپوزیت های آلیاژهای Ni-PTFE را در حضور غلظت های مختلفی از PTFE با روش ترسیب الکتروشیمیایی از حمام تارتاراتی تهیه کردند. با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) و تکنیک پراش انرژی اشعه ایکس (EDX) به مطالعه مورفولوژی سطح و آنالیز عنصری پوشش های مذکور پرداخته و در نهایت با استفاده از تکنیک های طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و پلاریزاسیون تافلی، به بررسی اثر غلظت PTFE بر روی میزان مقاومت به خوردگی پوشش های کامپوزیتی حاصل در محلول NaCl ۳/۵ wt پرداختند. نتایج حاصل از مطالعات SEM و EDX و XRD تشکیل نانوکامپوزیت ها را به اثبات رساندند. که در این بررسی مطالعات صورت گرفته بر روی پوشش کامپوزیتی Ni-W-PTFE آورده شده است. همانطور که در (شکل ۷) آورده شده است ، فرق بین مورفولوژی سطح پوشش آلیاژی Ni-W و کامپوزیتی Ni-W-PTFE در این است که اندازه ذرات پوشش آلیاژی بزرگتر و مرز بین دانه ای بیشتری مشاهده می شود.



شکل(۷) تصاویر SEMپوشش نانوکامپوزیتی Ni-W-PTFE در حمام حاوی غلظت های مختلفی از PTFE: الف) g/L ۰، ب) g/L ۴، پ) g/L ۸، د) g/L ۲۰

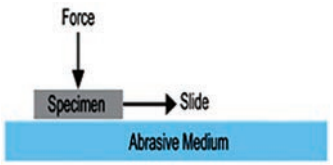
در مورد پوشش های کامپوزیتی Ni-W-PTFE می توان گفت که سطح پوشش یکنواخت تر، مرز بندی دانه ای کمتر و اندازه ذرات کوچکتر شده است. با این اوصاف، مقاومت به خوردگی برای این پوشش ها افزایش می یابد. با افزایش غلظت PTFE و به دنبال آن پر شدن مرزهای بین دانه ها در پوشش آلیاژی، با ذرات PTFE، سطح یکنواخت شده و انتظار می رود نفوذ محلول خورنده به زیرلایه کمتر شود. البته تا غلظت تجربی مشخصی این یکنواختی افزایش یافته و پس از آن با تجمع بیش از حد پلیمرها در سطح، یکنواختی پوشش ها کمتر شده و سطح پوشش با جزایری از پلیمرهای تفلون پوشیده می شود، که باعث زبری سطح شده و در نتیجه مقاومت به خوردگی کاهش می یابد (شکل ۸). با مقایسه نمودار های نایکویست می توان دریافت که با افزودن PTFE از ۰ به ۸ گرم بر لیتر، مقاومت انتقال بار افزایش شدیدی پیدا می کند و با افزایش بیشتر از این مقدار، به تدریج کاهش می یابد. در این نانوکامپوزیت ها بیشترین مقاومت انتقال بار مربوط به پوشش ترسیب شده از حمام حاوی g/L ۸ پلی-ترافلوئورواتیلن می باشد.[۴۲].

به منظور ایجاد سطوح آب گریز جهت استفاده در کاربرد های



شکل (۸) نمودارهای نایکویست برای پوشش خالص Ni-W و پوشش های نانوکامپوزیتی Ni-W-PTFE در محلول NaCl ۳/۵ wt

عملی، مواد باید بتوانند در مقابل سایش و تخریب سطح مقاومت کنند. اگرچه سطوح آب گریزی که به روش ترسیب الکتروشیمیایی ایجاد می شود این انتظار میرود که پایداری مکانیکی بیشتری داشته باشند ولی با این حال مطالعات کمتری در مورد اثر سایش بر روی خاصیت آب گریزی صورت گرفته است. یکی از معمول ترین تکنینک هایی که جهت ارزیابی تاثیر سایش سطح بر میزان خاصیت آب گریزی اعمال میشود، تکنیک ساده تست سایش (شکل ۹) می باشد.



شکل (۹) تست سایش برای سطوح فوق آب گریز

دراین تکنیک یک نیروی رو به پایین بر روی نمونه اعمال می شود و به وسیله ی جسم ساینده تا یک فاصله ی معین کشیده می شود. برای سطوح فوق آب گریز ایجادشده به روش ترسیب الکتروشیمیایی جسم ساینده کاغذ سمباده می باشد. نتایج نشان داد که سطح ایجاد شده ی هیدروفوب با این روش به طول m ۱خاصیت آب گریزی خود را حفظ می کند. با وجود این واقعیت تعدادی از تکنیک ها و مطالعات جهت ارزیابی تاثیر سایش بر روی سطوح فوق آب گریز وجود دارد، هیچ دلیل منطقی برای پارامترهای آزمایشی مانند زبری جسم ساینده و فشار اعمالی وجود ندارد. متاسفانه، درحال حاضر هیچ آزمایش استانداردی جهت ارزیابی طول عمر مکانیکی و پایداری سایشی برای سطوح فوق آب گریز وجود ندارد[۴۳و۴۴].

۶- نتیجه گیری

مطالعات زیادی جهت ایجادسطوح آب گریز به روش ترسیب الکتروشیمیایی صورت گرفته است اما در این میان مطالعات صورت گرفته در مورد خاصیت آب گریزی ایجاد شده با استفاده از پلیمر پلی ترا فلوئورو اتیلن کم می باشد. به طور کلی تکنیک های مورد استفاده در سه دسته اصلی طبقه بندی می شوند: ایجاد سطح زبر به روش ترسیب الکتروشیمیایی ب) سطح زبر ایجاد شده به روش ترسیب الکتروشیمیایی و اصلاح شیمیایی این سطوح زبر با موادی که انرژی سطحی پایین دارند ج) ترسیب الکتروشیمیایی کامپوزیتی با ذرات آب گریز. گسترش پوشش های فوق آب گریز تشکیل شده به روش رسوب دهی الکتروشیمیایی در طی چند سال گذشته امکان ایجادپوشش های فلزی، آلیاژی و کامپوزیتی فوق آب گریز را از الکترولیت های مختلف فراهم کرده است. با توجه به نوع پوشش فلزی و شرایط رسوب دهی طیف وسیعی از مورفولوژی سطح به دست می آید. در این میان به نظر می رسد که بهترین خاصیت فوق آب گریزی ایجاد شده، با ساختار سلسه مراتبی میکرو- نانو می باشد. از نقطه نظر تجاری ، الکترولیت های آبی جهت استفاده برای کاربرد های صنعتی به احتمال زیاد مناسب هستند زیرا به کاربردن وکنترل پارامترهای این نوع الکترولیت ها نسبت به مایعات یونی و الکترولیت های آلی آسان و ارزان می باشد. بنابراین این فرایند را می توان برای سطوح بزرگ در مقیاس صنعتی جهت ایجاد سطوح مقاوم در برابر خوردگی، سطوح یخ گریز و خود تمیز شونده در صنایعی نظیر صنایع خوردو، سازه های دریایی و... به کارگرفت.

۷- منابع

[۱] W. Barthlott, C. Neinhuis, Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces, Planta, ۸-۱ (۱۹۹۷) ۲۰۲

[۲] B. Bhushan, Y.C. Jung, Micro-and nanoscale characterization of hydrophobic and hydrophilic leaf surfaces, Nanotechnology, ۲۷۵۸ (۲۰۰۶) ۱۷.

[۳] N.J. Shirtcliffe, G. McHale, M.I. Newton, G. Chabrol, C.C. Perry, Dual-Scale Roughness Produces Unusually Water-Repellent Surfaces, Advanced Materials, ۱۶ ۱۹۳۲-۱۹۲۹ (۲۰۰٤) .

[٤] L. Cao, A.K. Jones, V.K. Sikka, J. Wu, D. Gao, Anti-icing superhydrophobic coatings, Langmuir, (۲۰۰۹) ۲۵ ۱۲٤٤۸-۱۲٤٤٤.

[٥]S. Wang, L. Feng, H. Liu, T. Sun, X. Zhang, L. Jiang, D. Zhu, Manipulation of surface wettability between superhydrophobicity and superhydrophilicity on copper films, ChemPhysChem, ۱٤۷۸-۱٤۷٥ (۲۰۰٥) ٦.

[٦]M. Schlesinger, M. Paunovic, Modern electroplating, John Wiley & Sons۲۰۱۱.

[۷] T. Darmanin, E.T. de Givenchy, S. Amigoni, F. Guittard, Superhydrophobic surfaces by electrochemical processes, Advanced materials, ۱۳۹٤-۱۳۷۸ (۲۰۱۳) ۲٥.

[۸]W. Zhang, Z. Yu, Z. Chen, M. Li, Preparation of super-hydrophobic Cu/Ni coating with micro-nano hierarchical structure, Materials Letters, ۳۳۰-۳۲۷ (۲۰۱۲) ٦۷.

[۹]Z. Chen, F. Tian, A. Hu, M. Li, A facile process for preparing superhydrophobic nickel films with stearic acid, Surface and Coatings Technology, -۸۸ (۲۰۱۳) ۲۳۱ ۹۲.

[۱۰] T. Ning, W. Xu, S. Lu, Fabrication of superhydrophobic surfaces on zinc substrates and their application as effective corrosion barriers, Applied Surface Science, ۱۳٦٥-۱۳٥۹ (۲۰۱۱) ۲٥۸.

[۱۱] M. Ma, R.M. Hill, Superhydrophobic surfaces, Current opinion in colloid & interface science, (۲۰۰٦) ۱۱ ۲۰۲-۱۹۳.

[۱۲] B. Tuffy, Superhydrophobic surfaces by simple production methods, School of Physical Sciences, Dublin City University, DOI (۲۰۰۸).

and corrosion performance of nickel coatings, Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, (۲۰۱۷) ۵۳ ۹۳-۸۸.
[۳۰] C. Gu, J. Tu, One-step fabrication of nanostructured Ni film with lotus effect from deep eutectic solvent, Langmuir, ۱۰۱۴۰-۱۰۱۳۲ (۲۰۱۱) ۲۷.
۳۱]] Z. Chen, L. Hao, A. Chen, Q. Song, C. Chen, A rapid one-step process for fabrication of superhydrophobic surface by electrodeposition method, Electrochimica Acta, ۱۷۱-۱۶۸ (۲۰۱۲) ۵۹.
[۳۲] Q. Yu, Z. Zeng, W. Zhao, M. Li, X. Wu, Q. Xue, Fabrication of adhesive superhydrophobic Ni-Cu-P alloy coatings with high mechanical strength by one step electrodeposition, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, (۲۰۱۳) ۴۲۷ ۶-۱.
[۳۳] F. Su, K. Yao, Facile fabrication of superhydrophobic surface with excellent mechanical abrasion and corrosion resistance on copper substrate by a novel method, ACS applied materials & interfaces, ۸۷۷۰-۸۷۶۲ (۲۰۱۴) ۶.
[۳۴] Z. Chen, F. Tian, A. Hu, M. Li, A facile process for preparing superhydrophobic nickel films with stearic acid, Surface and Coatings Technology, -۸۸ (۲۰۱۳) ۲۳۱ ۹۲.
[۳۵]I. Garcia, J. Fransaer, J.-P. Celis, Electrodeposition and sliding wear resistance of nickel composite coatings containing micron and submicron SiC particles, Surface and Coatings Technology, ۱۷۸-۱۷۱ (۲۰۰۱) ۱۴۸.
[۳۶]. J.-Y. Lee, D.-P. Lim, D.-S. Lim, Tribological behavior of PTFE nanocomposite films reinforced with carbon nanoparticles, Composites Part B: Engineering, ۸۱۶-۸۱۰ (۲۰۰۷) ۳۸.
[۳۷] F. Wang, S. Arai, M. Endo, Electrochemical preparation and characterization of nickel/ultra-dispersed PTFE composite films from aqueous solution, Materials transactions, ۱۳۱۶-۱۳۱۱ (۲۰۰۴) ۴۵.
[۳۸]D. Iacovetta, J. Tam, U. Erb, Synthesis, structure, and properties of superhydrophobic nickel–PTFE nanocomposite coatings made by electrodeposition, Surface and Coatings Technology, ۱۴۱-۱۳۴ (۲۰۱۵) ۲۷۹.
[۳۹]H.S. Kim, On the rule of mixtures for the hardness of particle reinforced composites, Materials Science and Engineering: A, ۳۳-۳۰ (۲۰۰۰) ۲۸۹.
[۴۰] A. Farzaneh, M.G. Hosseini, S.K. Asl, O. Mermer, Electrochemical, structural and nano tribological behavior of Ni-W-PTFE nanocomposite coatings prepared by tartrate bath, Int. J. Electrochem. Sci, -۵۱۴۰ (۲۰۱۶) ۱۱ ۵۱۵۳.
[۴۱] M.G. Hosseini, H. Teymourinia, A. Farzaneh, S. Khameneh-asl, Evaluation of corrosion, mechanical and structural properties of new Ni–W–PCTFE nanocomposite coating, Surface and Coatings Technology, (۲۰۱۶) ۲۹۸ ۱۲۰-۱۱۴.
[۴۲]. حکیمه تیموری نیا، ۱۳۹۳، ترسیب الکتروشیمیایی نانوکامپوزیت Ni- PCTFE و بررسی رفتار خوردگی آن Ni-PTFE های آلیاژهای ها، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز
[۴۳]A. Steele, B.K. Nayak, A. Davis, M.C. Gupta, E. Loth, Linear abrasion of a titanium superhydrophobic surface prepared by ultrafast laser microtexturing, Journal of Micromechanics and Microengineering, ۲۳ ۱۱۵۰۱۲ (۲۰۱۳).
[۴۴] Y. Xiu, Y. Liu, D.W. Hess, C. Wong, Mechanically robust superhydrophobicity on hierarchically structured Si surfaces, Nanotechnology, ۱۵۵۷۰۵ (۲۰۱۰) ۲۱.
[۱۳] S.S. Latthe, A.B. Gurav, C.S. Maruti, R.S. Vhatkar, Recent progress in preparation of superhydrophobic surfaces: a review, Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology, ۷۶ (۲۰۱۲) ۲.
[۱۴] S. Khorsand, K. Raeissi, F. Ashrafizadeh, Corrosion resistance and long-term durability of super-hydrophobic nickel film prepared by electrodeposition process, Applied Surface Science, ۵۰۵-۴۹۸ (۲۰۱۴) ۳۰۵.
[۱۵] J. Liang, D. Li, D. Wang, K. Liu, L. Chen, Preparation of stable superhydrophobic film on stainless steel substrate by a combined approach using electrodeposition and fluorinated modification, Applied Surface Science, ۲۹۳ ۲۷۰-۲۶۵ (۲۰۱۴).
[۱۶] T. Hang, A. Hu, H. Ling, M. Li, D. Mao, Super-hydrophobic nickel films with micro-nano hierarchical structure prepared by electrodeposition, Applied Surface Science, ۲۴۰۴-۲۴۰۰ (۲۰۱۰) ۲۵۶.
[۱۷] E. García-Lecina, I. García-Urrutia, J. Díez, J. Fornell, E. Pellicer, J. Sort, Codeposition of inorganic fullerene-like WS ۲ nanoparticles in an electrodeposited nickel matrix under the influence of ultrasonic agitation, Electrochimica Acta, ۸۶۷-۸۵۹ (۲۰۱۳) ۱۱۴.
[۱۸] J. Tam, G. Palumbo, U. Erb, Recent advances in superhydrophobic electrodeposits, Materials, (۲۰۱۶) ۹ ۱۵۱.
[۱۹] X. Shi, S. Lu, W. Xu, Fabrication of CuZn ۵–ZnO–CuO micro–nano binary superhydrophobic surfaces of Cassie–Baxter and Gecko model on zinc substrates, Materials Chemistry and Physics, ۶۶۳-۶۵۷ (۲۰۱۲) ۱۳۴.
[۲۰] C.-W. Peng, K.-C. Chang, C.-J. Weng, M.-C. Lai, C.-H. Hsu, S.-C. Hsu, Y.-Y. Hsu, W.-I. Hung, Y. Wei, J.-M. Yeh, Nano-casting technique to prepare polyaniline surface with biomimetic superhydrophobic structures for anticorrosion application, Electrochimica Acta, ۹۵ ۱۹۹-۱۹۲ (۲۰۱۳).
[۲۱] Z. Wang, Q. Li, Z. She, F. Chen, L. Li, X. Zhang, P. Zhang, Facile and fast fabrication of superhydrophobic surface on magnesium alloy, Applied Surface Science, ۱۹۲-۱۸۲ (۲۰۱۳) ۲۷۱.
[۲۲] T. Min, Design & Fabrication of Super-Hydrophobic Surfaces by Laser Micro/Nanoprocessing, ۲۰۱۲.
[۲۳] A. Cassie, Contact angles, Discussions of the Faraday Society, ۱۶-۱۱ (۱۹۴۸) ۳.
[۲۴] M. Nosonovsky, Multiscale roughness and stability of superhydrophobic biomimetic interfaces, Langmuir, ۳۱۶۱-۳۱۵۷ (۲۰۰۷) ۲۳.
[۲۵] B. Wu, M. Zhou, J. Li, X. Ye, G. Li, L. Cai, Superhydrophobic surfaces fabricated by microstructuring of stainless steel using a femtosecond laser, Applied Surface Science, ۶۶-۶۱ (۲۰۰۹) ۲۵۶.
[۲۶]E. Pena-Munoz, P. Bercot, A. Grosjean, M. Rezrazi, J. Pagetti, Electrolytic and electroless coatings of Ni–PTFE composites: Study of some characteristics, Surface and Coatings Technology, ۹۳-۸۵ (۱۹۹۸) ۱۰۷.
[۲۷]M.G. Hosseini, M. Abdolmaleki, S. Ashrafpoor, R. Najjar, Deposition and corrosion resistance of electroless Ni-PCTFE-P nanocomposite coatings, Surface and Coatings Technology, ۴۵۵۲-۴۵۴۶ (۲۰۱۲) ۲۰۶.
[۲۸] I.Mafi, C.Dehghanian, Comparison of the coating properties and corrosion rates in electroless Ni–P/PTFE composites prepared by different types of surfactants. Applied Surface Science, Vol.۲۵۷, No. ۲۰۱۱ ,۲۰, Pp. ۸۶۵۸-۸۶۵۳.
[۳۹]A. Farzaneh, S.K. Asl, M. Hosseini, Evaluation effect of electrodeposition parameters on superhydrophobicity

کنترل و اندازه گیری افزودنی های محلول های آبکاری به وسیله کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

(بخش دوم)

امید
عطایی
کارشناس
ارشد شیمی
فیزیک

به منظور بهبود ظاهر و کیفیت پوشش حاصل از آبکاری، از افزودنی های آلی در محلول های آبکاری استفاده می شود. این افزودنی ها که غالباً تولیدشان انحصاری است معمولاً به چند دسته تقسیم می شوند که شامل حامل ها، شتاب دهنده ها یا تسریع کننده و هم سطح کننده ها یا یکنواخت کننده ها می شوند. ترکیب شیمیایی و مقدار مصرفی این افزودنی ها متناسب با ویژگی ها و کیفیت مورد نظر برای آبکاری متفاوت می باشد. عامل حامل، یک عامل تر کننده است که نحوه انتقال یون های فلزی مورد نظر به سطح قطعه پایه را کنترل کرده و یک سطح تر یکنواخت را جهت فرایند آبکاری فراهم می کند. شتاب دهنده یک مولکول کوچک است که یو ن های فلزی مورد نظر را به سطح قطعه پایه می کشد و بنابراین با عامل حامل در این زمینه در رقابت است. عامل هم سطح کننده، معمولاً یک ترکیب حاوی نیتروژن و یا گوگرد با وزن مولکولی بالا و یا پایین است که جهت تولید یک اثر اضافی در فرونشاندن برآمدگی های موجود بر روی سطح قطعه پایه به کار گرفته می شود و به این ترتیب باعث می شود تا عامل شتاب دهنده بتواند یون های فلزی بیشتری را به سمت ترک ها و فرورفتگی های موجود بر روی سطح قطعه پایه بکشاند. در این مقاله چند مورد از به کارگیری کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در تجزیه و تحلیل محلول های آبکاری مس را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

استفاده روز افزون از آبکاری مس در ساخت قطعات نیمه رسانا، از یک سو نیاز به افزایش خلوص پوشش مسی آبکاری شده، و از سوی دیگر نیاز به افزایش کنترل محلول آبکاری مس و بهینه کردن محلول های آبکاری مس به کار رفته در ساخت قطعات نیمه رسانا را افزایش داده است. اگرچه آبکاری الکتریکی یک تکنولوژی جدید نیست، نیاز به افزایش کیفیت پوشش های حاصل از آبکاری الکتریکی در صنعت نیمه رسانا ها در مقایسه با دیگر صنایع از اهمیت به مراتب بیشتری برخوردار است. کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا توانایی لازم برای نظارت و کنترل بر افزودنی های به کار رفته در محلول های آبکاری و نیز محصولات فرعی که در نتیجه واکنش های شیمیایی رخ داده در محلول آبکاری به وجود آمده اند را به منظور کمک به بهینه کردن محلول های آبکاری فراهم کرده است.

در آبکاری مس بر روی نیمه رسانا ها نیاز است تا پوشش های با ضخامت در حد چند میکرون و حتی کمتر از میکرون ایجاد شوند. دستیابی به چنین پوشش هایی تنها در صورت انتخاب درست افزودنی های آلی شامل تسریع کننده ها ، هم سطح کننده ها و مهار کننده ها (یا فرونشانده ها) و همچنین بهینه کردن غلظت آن ها در محلول آبکاری امکان پذیر می گردد.

در جدول (۱) متداول ترین افزودنی های آلی به کار گرفته شده محلول های آبکاری مس نشان داده شده است.

جدول (۱): افزودنی های آلی متداول جهت آبکاری مس

ویژگی	کارکرد	افزودنی
یک یون است	کمک به جذب پلیمرها بر روی سطح قطعه پایه	کلرید
مولکول هایی مانند اسید سولفوریک و یا دی سولفیدها که دارای گوگرد هستند	سرعت رسوب دهی مس بر روی سطح قطعه پایه را افزایش می دهد	تسریع کننده یا شتاب دهنده
پلیمر پلی اتیلن گلیکول	عملکرد و فعالیت تسریع کننده را تعدیل می کند	مهارکننده یا فرونشاننده
پلیمرهایی با وزن مولکولی زیاد دارای گروه های عاملی آمین و آمید	یکنواخت کردن سطح پوشش آبکاری شده	هم سطح کننده

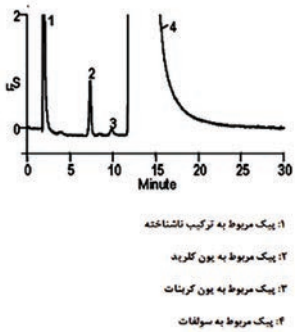
همچنان که فرایند آبکاری به پیش می رود، از یک سو غلظت افزودنی های آلی موجود در محلول آبکاری به دلیل مصرف شدن آن ها کاهش می یابد و از سوی دیگر غلظت محصولات فرعی ناشی از انجام واکنش شیمیایی در محلول آبکاری افزایش می یابد. بنابراین اطلاع از غلظت افزودنی های موجود در محلول آبکاری در طول فرایند آبکاری به منظور جایگزین کردن افزودنی های مصرف شده و تعیین غلظت محصولات فرعی تولید شده در محلول آبکاری به منظور خارج کردن آن ها از محلول آبکاری تا قبل رسیدن غلظت آن ها به غلظت بحرانی و در نتیجه ایجاد اشکال در فرایند آبکاری و نیز کاهش کیفیت پوشش آبکاری شده نیازی است که کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا می تواند آن را رفع کند.

در زیر سه مورد از بررسی های صورت گرفته توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا جهت جداسازی، شناسایی، تعیین کمی افزودنی های آلی محلول های آبکاری مس و بررسی اثرات آن ها بر روی کیفیت آبکاری به اختصار بیان شده است. لازم به توضیح است که به منظور رعایت اختصار و نیز جلوگیری از پیچیدگی مطالب از بیان جزییات مربوط به تجهیزات مربوط به سیستم کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (مانند نوع آشکار ساز مورد استفاده، نوع ستون کروماتوگرافی مورد استفاده، نوع پمپ مورد استفاده، نوع اتوسمپلر مورد استفاده و....) تا آنجا که امکان داشت خودداری شده است و در صورت ضرورت نیز توضیح کوتاهی داده شده است. لازم به ذکر است در شماره قبلی این مقاله توضیحات کافی در مورد این تجهیزات داده شد.

۱) کنترل و جداسازی افزودنی های آلی به کار رفته در محلول آبکاری مس اسیدی

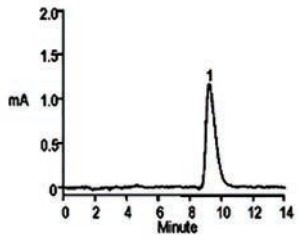
اجزای محلول آبکاری اسیدی مس به کار رفته در این پروژه شامل سولفات مس، اسید سولفوریک، اسید هیدروکلریک و افزودنی های آلی و اختصاصی کمپانی آمریکایی اتون (ENTHONE) هستند که با غلظت های توصیه شده توسط همان شرکت به کار گرفته شده اند.

از یون کروماتوگرافی برای تعیین یون کلرید موجود در محلول آبکاری استفاده شد. شکل (۱) کروماتوگرام حاصل از تزریق ۲۵ میکرولیتر از محلول آبکاری که با نسبت ۱به ۱۰۰ رقیق شده است جهت تعیین یون کلرید را نشان می دهد. همان گونه که در شکل دیده می شود جداسازی یون کلرید علی رغم حضور مقدار زیادی یون سولفات به خوبی صورت گرفته است.



شکل (۱): کروماتوگرام مربوط به جداسازی یون کلرید موجود در محلول آبکاری مس اسیدی

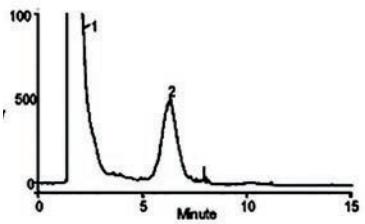
جداسازی یون مس موجود در محلول آبکاری به راحتی با استفاده از کروماتوگرافی امکان پذیر است. چرا که اولاً این یون با غلظت بالا در محلول آبکاری حضور دارد و ثانیاً ترکیبات مزاحم در جداسازی آن در محلول آبکاری حضور ندارند. شکل (۲) کروماتوگرام حاصل از تزریق ۵۰ میکرومتر محلول آبکاری رقیق شده به نسبت ۱ به ۱۰۰ را نشان می دهد.



شکل (۲): کروماتوگرام مربوط به تعیین یون مس موجود در محلول آبکاری مس اسیدی

جداسازی و تعیین غلظت افزودنی مهارکننده به کار رفته در این محلول آبکاری چالش برانگیز است، چرا که این ترکیب فاقد کروموفور (کروموفور در واقع ناحیه‌ای از ملکول است که در آن اختلاف تراز انرژی دو اوربیتال ملکولی در محدوده انرژی طیفی ماورای بنفش قرار می‌گیرد .نور در اثر برخورد به این بخش از ملکول می‌تواند توسط الکترون جذب شده و باعث برانگیختگی آن از حالت پایه به حالت برانگیخته شود. در زمان بازگشت الکترون ها از تراز برانگیخته به تراز پایه این انرژی جذب شده به صورت امواج ماورای بنفش آزاد و توسط آشکارساز ماورای بنفش ثبت می گردد.) قوی می باشد که توسط آشکارسازهای ماورای بنفش قابل شناسایی است. بنابراین برای حل این مشکل از یک آشکارساز پراکندگی نور تبخیری برای آشکارسازی این ترکیب در کروماتوگرافی استفاده شد.

شکل (۳) کروماتوگرام حاصل از تزریق ۱۰۰ میکرولیتر از محلول آبکاری تازه تهیه شده با غلظت ۵ میلی لیتر بر لیتر از افزودنی مهارکننده را نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود پیک مهارکننده موجود در دقیقه ۶ به خوبی از پیک زمینه (پیک مربوط به سولفات مس و اسید فسفریک) جداسازی شده است.



شکل (۳): کروماتوگرام مربوط به جداسازی افزودنی مهارکننده موجود در محلول آبکاری مس اسیدی

۲) جداسازی دو نوع افزودنی مهارکننده موجود در محلول آبکاری اسیدی مس

ترکیبات اصلی به کار رفته در این محلول آبکاری اسیدی مس شامل سولفات مس، اسید سولفوریک و اسید هیدروکلریک می باشند. از دو افزودنی مهارکننده برای افزایش کیفیت پوشش مسی حاصل از این محلول آبکاری استفاده شده است. اگرچه از از روش عریان سازی ولتامتری دوره ای می توان جهت اندازه گیری اثر ترکیبی کلیه افزودنی های آلی اضافه شده به محلول آبکاری و نیز محصولات فرعی ناشی از واکنش های شیمیایی رخ داده در محلول آبکاری استفاده کرد، اما این روش توانایی بررسی افزودنی های آلی اضافه شده به محلول آبکاری و نیز محصولات فرعی حاصل از واکنش های شیمیایی رخ داده در محلول آبکاری را به طور جداگانه و نیز ترکیباتی که از نظر الکتروشیمیایی فعال نیستند را ندارد.

از آنجایی که حفظ سطح غلظتی افزودنی مهار کننده در محلول آبکاری اسیدی مس در گستره استانداردش می تواند کیفیت پوشش مسی حاصل را تضمین کند، در این کار از کروماتوگرافی مایع با کارایی بلا جهت تعیین کمی این افزودنی استفاده شده است. لازم به توضیح است که افزودنی های مهارکننده به کار رفته با غلظت های توصیه شده توسط سازنده آن به این محلول آبکاری اضافه شده است.

آشکارسازی افزودنی های آلی موجود در محلول های آبکاری اسیدی مس به تجهیزات ویژه ای نیاز دارد. آشکار سازی عامل مهارکننده در نتیجه حضور مقادیر زیاد اسید سولفوریک و سولفات مس مختل خواهد شد. یک سیستم کروماتوگرافی با کارایی بالای معمولی جهت تعیین مقدار افزودنی آلی مناسب نیست چرا که خاصیت اسیدی محلول آبکاری (حداقل حاوی ۱۰ درصد اسید سولفوریک) باعث ایجاد خوردگی در این سیستم خواهد شد. لذا از یک سیستم کروماتوگرافی با کارایی بالا که مسیر عبور نمونه در آن از جنس پلی اتر اتر کتون (PEEK) است باید استفاده کرد. این پلیمر خنثی در برابر اثرات خورنده محلول آبکاری مس اسیدی مقاوم است.

برای جداسازی افزودنی های مهارکننده به کار رفته در این محلول آبکاری، معمولاً یک ستون فاز معکوس با فاز ساکن پایه سیلیکا در نظر گرفته می شود. با این حال باید توجه داشت که یک ستون پر شده با سیلیکا برای اینکار مناسب نیست و به جای آن باید از یک ستون فاز معکوس با فاز ساکن پلیمری که در برابر تغییرات ۱۴ – ۰ پی اچ مقاوم است، استفاده کرد. البته ستون به کار رفته در این کار یک ستون تجزیه ای با ابعاد ۲۵۰ × ۴ میلی متر و ذراتی با قطر ۱۰ میکرومتر می باشد.

شرایط بهینه کروماتوگرافی برای جداسازی دو نوع افزودنی مهارکننده موجود در این محلول آبکاری با استفاده از یک روش گرادیانت متشکل از عبور ۹۰-۴۰ درصد از استونیتریل از سیستم حاصل خواهد شد. شرایط این روش در جدول (۲) نشان داده شده است.

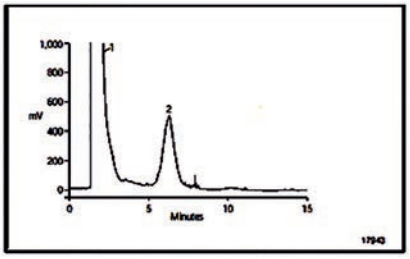
از آنجایی که عامل مهارکننده موجود در این محلول آبکاری یک کروموفور قوی ندارد، بنابراین به راحتی با استفاده از یک آشکار ساز نور ماورای بنفش آشکارسازی نخواهد شد. برای حل این مشکل از یک آشکارساز پراکندگی نور تبخیری در این کار استفاده شد. به این ترتیب که اجزای مورد نظر جهت تعیین مقدار، بعد از این که در ستون کروماتوگرافی (بر اساس میزان قطبیت خود) جداسازی شدند، توسط شوینده ستون وارد یک مهپاش می شوند. در اینجا فاز متحرک همراه با اجزای جدا شده، تبخیر شده و این اجزا به عنوان ذرات نا محلول باقی می مانند. یک شعاع نور از میان این ذرات باقی مانده عبور کرده و

جدول (۲): شرایط کروماتوگرافی برای تعیین مقدار افزودنی فرونشاننده

توصیف	درصد استونیتریل	درصد آب خالص	زمان (دقیقه
نمونه بار گذاری می شود	۴۰	۶۰	-۵
آغاز جمع آوری اطلاعات	-	-	۰
آغاز گرادیانت از ۹۰-۴۰ درصد استونیتریل	۴۰	۶۰	۲
پایان گرادیانت	۹۰	۱۰	۷
آغاز گرادیانت از ۴۰-۹۰ درصد استونیتریل	۹۰	۱۰	۱۰
پایان جمع آوری اطلاعات	۴۰	۹۰	۱۵
شرایط دستگاه			
سرعت جریان شوینده ستون		یک میلی لیتر در دقیقه	
دما		۸۰ درجه سانتی گراد	
حجم تزریق		۱۰۰ میکرولیتر	

پرتوهای پراکنده شده توسط آشکارساز ثبت می شود. پاسخ هر جزء متناسب با غلظتش خواهد بود.

در شکل (۴) کروماتوگرام به دست آمده از محلول آبکاری تازه حاوی یک افزودنی مهارکننده با نام Enthone و با غلظت ۵ میلی لیتر در لیتر نشان داده شده است. پیک مربوط به این افزودنی که در دقیقه ۶ حاصل شده است به خوبی از پیک زمینه موجود در دقیقه ۲ (پیک مربوط به سولفات مس و اسید سولفوریک) جداسازی شده است. گستره غلظتی توصیه شده برای این افزودنی ۱۲ – ۴ میلی لیتر در لیتر در محلول آبکاری مس می باشد.

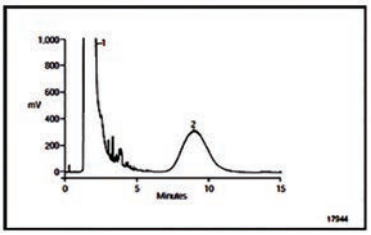


شکل (۴): کروماتوگرام به دست آمده از محلول آبکاری اسیدی مس حاوی یک افزودنی مهارکننده با نام Enthone

یک نوع دیگر از افزودنی مهارکننده با نام Shipley به کار رفته در این محلول آبکاری مس نیز با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا جداسازی شده است که کروماتوگرام آن در شکل (۵) نشان داده شده است. همان طور که در این شکل دیده می شود پیک مربوط به این افزودنی در دقیقه ۹ ظاهر شده است که به خوبی از پیک زمینه (پیک مربوط به سولفات مس و اسید سولفوریک) جداسازی شده است.گستره غلظتی توصیه شده برای این افزودنی ۲۵ – ۲۰ میلی لیتر در لیتر می باشد.

۳) بررسی تغییرات شیمیایی محلول آبکاری مس با کمک کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

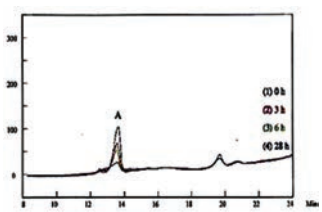
در محلول های آبکاری معمولی مس افزودنی هایی مثل ریز دانه



ایجاد شکل (۵): کروماتوگرام به دست آمده از محلول آبکاری اسیدی مس حاوی یک افزودنی مهارکننده با نام Shipley

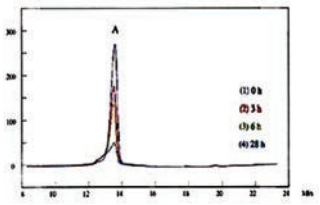
سازها، براق کننده ها و کمک براق کننده ها به منظور پوششی صاف، براق و سخت مورد استفاده قرار می گیرند. به منظور اطمینان از انجام آبکاری با کیفیت بالا، فهم صحیح و درست از رفتار شیمیایی این افزودنی های آلی می تواند مفید باشد. در این پروژه به منظور پاسخ به پرسش هایی مانند اینکه آیا افزودنی های آلی در محلول آبکاری به شکل کمپلکسی از مشتقاتشان حضور دارند؟ آیا در محلول آبکاری برهمکنشی بیت افزودنی های آلی موجود وجود دارد؟ آیا ترکیبات فرعی ناشی از این برهمکنش ها در محلول آبکاری انباشته می شوند؟ و ... از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا برای جداسازی، شناسایی و تعیین کمی افزودنی های آلی موجود در محلول آبکاری مس استفاده شده است.

محلول آبکاری مس به کار رفته در این پروژه ترکیبی از سولفات مس، اسید سولفوریک و سه نوع افزودنی آلی انحصاری ریزدانه ساز، براق کننده و کمک براق کننده می باشد. شکل(۶) نشان دهنده کروماتوگرام های مربوط به افزودنی ریز دانه ساز موجود در محلول آبکاری می باشد.



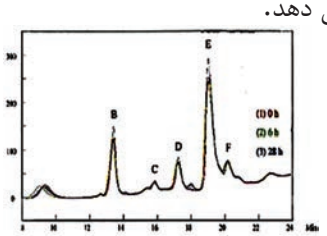
شکل (۶): کروماتوگرام مربوط به افزودنی ریز دانه ساز که در طول موج ۲۱۵ نانومتر آشکارسازی شده است

منحنی اول بلافاصله پس از اضافه شدن افزودنی ریز دانه ساز به محلول آبکاری به دست آمده است (۰h). منحنی های بعدی زمانی که به ترتیب ۳(۳h)، ۶ (۶h)و ۲۸(۲۸h) ساعت از اضافه کردن افزودنی ریز دانه ساز به محلول آبکاری می گذشته است تهیه شده اند. محور طول ها در این کروماتوگرام زمان بازداری بر حسب دقیقه و محور عرض ها شدت نسبی سیگنال آشکارسازی شده بر حسب میلی ولت را نشان می دهد. آشکارسازی این افزودنی با استفاده از آشکاساز ماورای بنفش و در طول موج ۲۱۵ نانومتر صورت گرفته است. همان طور که در این کروماتوگرام دیده می شود، شدت نسبی سیگنال مربوط به افزودنی ریز دانه ساز پس از ۲۸ ساعت یک پنجم این مقدار در لحظه اول اضافه کردن این افزودنی به محلول آبکاری می باشد. وقتی از طول موج ۲۴۵ نانومتر برای آشکارساز ماورای بنفش استفاده می شود، پیک های بزرگتری اما با همان زمان بازداری ظاهر می شوند که در شکل (۷) نشان داده شده است.

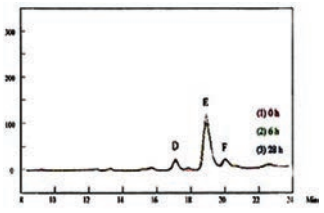


شکل (۷): کروماتوگرام مربوط به افزودنی ریز دانه ساز که در طول موج ۲۴۵ نانومتر آشکارسازی شده است

شکل های (۸) و (۹) کروماتوگرام های مربوط به افزودنی براق کننده موجود در این محلول آبکاری را وقتی برای آشکارسازی آن ها از طول موج های به ترتیب ۲۱۵و ۲۴۵ نانومتر استفاده شده است، نشان می دهد.



شکل (۸): کروماتوگرام مربوط به افزودنی براق کننده که در طول موج ۲۱۵ نانومتر آشکارسازی شده است

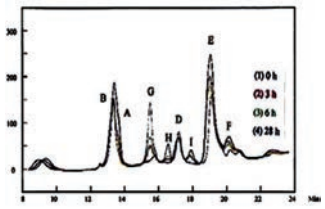


شکل (۹): کروماتوگرام مربوط به افزودنی براق کننده که در طول موج ۲۴۵ نانومتر آشکارسازی شده است

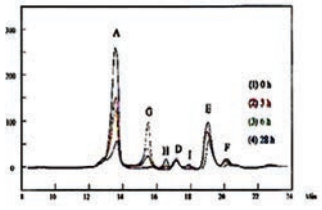
منحنی اول بلافاصله پس از اضافه کردن افزودنی براق کننده به محلول آبکاری به دست آمده است (۰h). منحنی های بعدی زمانی که به ترتیب۶ (۶h) و ۲۸(۲۸h) ساعت از اضافه کردن براق کننده به محلول آبکاری می گذشته است تهیه شده اند. علیرغم این که پیش بینی می شد تا تنها یک پیک مربوط به عامل براق کننده در کروماتوگرام ظاهر شود، اما در طول موج آشکارسازی ۲۱۵ نانومتر چندین پیک ظاهر شدند که با حروف B,C,D,E و F نشان داده شده اند. در حالی که پیک های C و F پس از کذشت ۲۸ ساعت از زمان اضافه کردن براق کننده به محلول آبکاری پایدار بوده و تغییری در شدتشان دیده نمی شود، اما پیک هایB, D و E بر شدتشان افزوده شده است. از سوی دیگر وقتی طول موج آشکارسازی به ۲۴۵ نانومتر تغییر داده می شود، فقط پیک های D,E و F ظاهر می شوند.

ظاهر شدن چندین پیک مربوط به افزودنی براق کننده نشان می دهد که این افزودنی به صورت چندین شکل از مشتقاتش در داخل محلول آبکاری وجود دارد. از آنجایی که این ترکیبات در طول موج های مختلف آشکارسازی حساسیت های گوناگونی دارند، کروماتوگرام مربوط به آن ها در دو طول موج ۲۱۵ و ۲۴۵ نانومتر متفاوت می باشد.

وقتی هم افزودنی ریز دانه ساز و هم افزودنی براق کننده به محلول آبکاری اضافه می شوند، همان طور که در شکل های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است، پیک های مربوط به هر دو نوع افزودنی به هم اضافه می شوند. در شکل (۱۰) پیک های A و B تا اندازه ای با هم هم پوشانی کرده اند. همه پیک ها با گذشت زمان دچار تغییر شده اند به طوری که ارتفاع پیک های اصلی کاهش یافته است و پیک های جدید H و G ظاهر شده اند. همین اتفاق در طول موج آشکارسازی ۲۴۵ نانومتر نیز افتاده است. با توجه به اینکه هیچ جریان الکتریکی از محلول آبکاری عبور داده نشده است، این تغییران نشان می دهد که افزودنی ریز دانه ساز و افزودنی براق کننده در درون محلول آبکاری دارای برهمکنش شیمیایی با هم هستند.



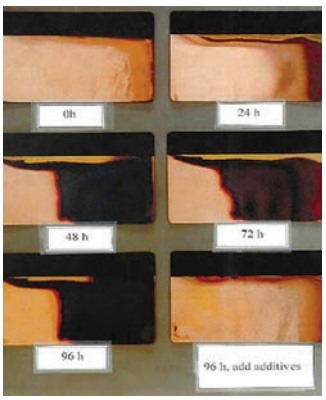
شکل (۱۰) : کروماتوگرام مربوط به افزودنی های ریز دانه ساز و براق کننده که در طول موج ۲۱۵ نانومتر آشکارسازی شده است



شکل (۱۰) : کروماتوگرام مربوط به افزودنی های ریز دانه ساز و براق کننده که در طول موج ۲۴۵ نانومتر آشکارسازی شده است

به منظور بررسی اثر برهمکنش های شیمیایی افزودنی های آلی بر روی کیفیت آبکاری، بررسی هایی با استفاده از هال سل نیز انجام گردید. به این ترتیب که افزودنی ریز دانه ساز و افزودنی براق کننده به محلول آبکاری اضافه شدند و سپس این محلول آبکاری به ۶ قسمت تقسیم شد. نخستین قسمت از محلول آبکاری بلافاصله پس از تهیه توسط هال سل مورد بررسی قرا گرفت که نتیجه آن به صورت (۰h) در شکل (۱۱) نشان داده شده است. چهار قسمت دیگر محلول به ترتیب پس از گذشت

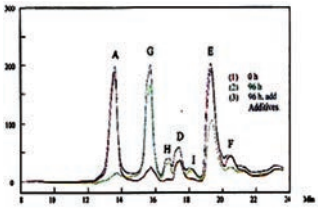
۲۴، ۴۸،۷۲ و ۹۶ ساعت از تهیه توسط هال سل بررسی شدند که نتایج حاصل به صورت (۲۴h)، (۴۸h)، (۷۲h) و (۹۶h) در شکل (۱۱) آورده شده است.



شکل (۱۱): نتایج حاصل از آزمایشات هال سل نمونه های محلول آبکاری

به منظور ثبت اثرات فقط واکنش های شیمیایی رخ داده و نه واکنش های الکتروشیمیایی رخ داده در محلول آبکاری، در طول آزمایشات هال سل جریان الکتریکی از محلول آبکاری عبور داده نشد. بعد از۹۶ ساعت هر دو افزودنی آلی ریز دانه ساز و براق کننده به منظور رسیدن به غلظت های اولیه به قسمت ششم محلول آبکاری اضافه شدند و این قسمت از محلول آبکاری نیز تحت آزمایش هال سل قرار گرفت که نتیجه آن در شکل (۱۱) نشان داده شده است.

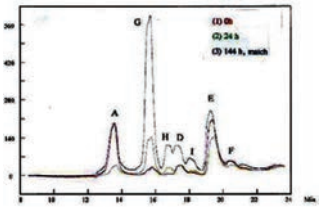
سه قسمت از محلول های به کار گرفته شده در آزمایشات هال سل یعنی محلول های (۰h)، (۹۶h) و محلولی که به آن پس از ۹۶ ساعت مجدداً افزودنی ها اضافه شده بودند، توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا نیز مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل (۱۲): کروماتوگرام مربوط به افزودنی های ریز دانه ساز و براق کننده در محلول های (۰h)، (۹۶h) و نیز محلولی که به آن پس از ۹۶ ساعت مجدداً افزودنی ها اضافه شده است که در طول موج ۲۴۵ نانومتر آشکارسازی شده است

طول موج آشکارسازی مورد استفاده در این مورد ۲۴۵ نانومتر بود. مقایسه نتایج حاصل در شکل های (۱۱) و (۱۲) نشان می دهد که ترکیبات A و E در کنترل کیفیت فرایند آبکاری از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

نتایج به دست آمده از بررسی محلول های (۲۴h)، (۰h) و محلولی که پس از ۱۴۴ ساعت مجدداً افزودنی ها به آن اضافه شد توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا که در شکل (۱۳) نشان داده شده است نیز اهمیت دو ترکیب A و E را در کنترل کیفیت آبکاری نشان می دهد. اگرچه تجزیه شدن افزودنی های آلی تولید ترکیباتی می کند که پیک های آن ها با علامت G، H و I نشان داده شده است، اما با توجه به مشابه بودن نتایج بررسی های هال سل در مورد محلول های (۰h) و محلولی که پس از ۹۶ ساعت مجدداً افزودنی ها به آن اضافه شد، می توان گفت که ترکیبات A و E در مقایسه با ترکیبات G، H و I اثر بیشتری بر کیفیت فرایند آبکاری دارند. به عبارت دیگر به جای تولید محصولات فرعی در نتیجه واکنش های شیمیایی، این مصرف شدن افزودنی های آلی است که دلیل اصلی اثرات نامطلوب رخ داده در فرایند آبکاری می باشد.



شکل (۱۳): کروماتوگرام مربوط به افزودنی های ریز دانه ساز و براق کننده در محلول های (۰h)، (۹۶h) و نیز محلولی که به آن پس از ۱۴۴ ساعت مجدداً افزودنی ها اضافه شده است

آنچه می توان از این بررسی ها نتیجه گرفت این است که:

- افزودنی براق کننده در داخل محلول آبکاری به شکل مخلوطی از چندین مشتقاتش حضور دارد، لذا چندین پیک نیز در کروماتوگرام آن ظاهر می شود.
- در حالی که افزودنی ریز دانه ساز وقتی به تنهایی در محلول آبکاری حضور دارد رفتار شیمیایی ساده ای از خود نشان می دهد. اما وقتی افزودنی براق کننده هم در محلول آبکاری وجود داشته باشد با آن برهمکنش شیمیایی خواهد داشت.
- محصولات فرعی تولید شده در نتیجه برهمکنش هایی شیمیایی در محلول آبکاری در مقایسه با افزودنی ها اثر کمتری بر روی کیفیت فرایند آبکاری دارند.

منابع

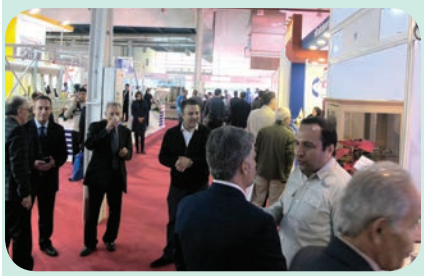
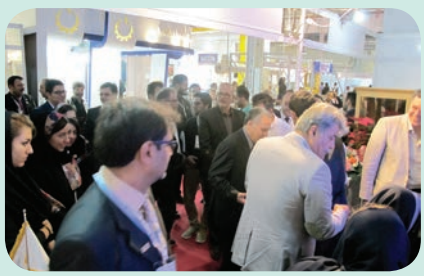
۱) Hurtubise, R.; Too, E.; Cheng, C. C. Future Fab Intl., ۲٤٥–۲٤۳ ,۱۹۹۸.
۲) Lin, X. W.; Pramanik, D. Solid State Technol. ٤۱ ,۱۹۹۸ ۷۹–٦۳ ,(۱۰).
۳) Plieth, W. Electrochimica Acta, ۲۱۲۱–۲۱۱٥ ,(۱۲) ۳۷ ,۱۹۹۲.
٤) Kelly, J.J.; Tian, C.; West, A. C. J. Electrochem. Soc., ۲٥٤٥–۲٥٤۰ ,۱٤٦ ,۱۹۹۹.
٥)Tench, D.; Ogden, C. J. Electrochem. Soc., ,۱۲٥ ,۱۹۷۸ ۱۹٤.
٦) Ogden, C.; Tench, D. Plat. and Surf. Fin., ۳۰ ,٦٦ ,۱۹۷۸.
۷) Haak, R.; Ogden. C.; Tench, D., Plat. and Surf. Fin., ,۱۹۸۲ ٦۲ ,٦۹.
۸) Freitag, W. O.; Ogden, C.; Tench, D.; White, J. Plat. and Surf. Fin., ٥٥ ,۷۰ ,۱۹۸۳.
۹) Reid, J.D. Plat. and Surf. Fin., ۱۱۲–۱۰۸ ,۷٥ ,۱۹۸۸.
۱۰) Heberling, S.; Campbell, D.; Carson, S. PC Fab., ,۱۹۸۹ ۷۲ ,(۸) ۱۲.
۱۱) Taylor, T.; Ritzdorf, T.; Lindberg, F.; Carpenter, B. Solid State Technol., ٥۷–٤۷ ,(۱۱) ٤۱ ,۱۹۸۹.
۱۲)Weiss, J. J. Chromatogr. ۳۰۷–۳۰۳ ,۳٥۳ ,۱۹۸٦.
۱۳) Guiochon, G.; Moysan, A.; Holley, C. J. Liq. Chromatogr. ۲٥٤۷ ,۱۱ ,۱۹۸۸.
۱٤) Charlesworth, J.M. Anal. Chem. ۱٤۱٤ ,٥۰ ,۱۹۷۸.
۱٥) MacRae, R.; Dick, J. J. Chromatogr. ۱۳۸ ,۲۱۰ ,۱۹۸۱.
۱٦) HPLC Study on Coppصer Plating Chemistry, HAIYAN ZHANG, Senior Research Specialist, ۳M Company St. Paul, Minnesota

آبکاریران ۹۶

جشن پنجاهمین سالروز تاسیس شرکت شیمیایی جهانتاب

گزارش و عکس : محسن براتی

آبکاریران ۹۶ همانند دوره های گذشته ، هم زمان با نمایشگاه بین المللی رنگ ، رزین و کامپوزیت از تاریخ ۱۴ لغایت ۱۷ مهر ماه در نمایشگاه بین المللی برگزار گردید. توجه شما را به دیدن گزارش تصویری این رویداد جلب می نماید.

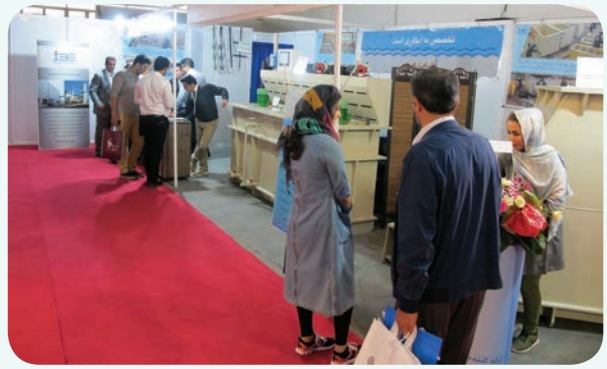



آنودایزینگ آلومینیوم آروین
Arvin Aluminium Anodizing

GROWEL
aVa

نیکاب شیمی
nikabchemie
NIKAB CHEMIE
www.nikabchemie.com

کیمیا سطح آذین



PVD
TITANIUM
COATING

آبکاری ثمین

ارژن
ARJAN

آبکاری روی

مهندس محسن
محمد علی

فلز روی نسبت به چدن و فولاد حالت آندی دارد بنابراین هنگامی که به صورت پوشش‌هایی به ضخامت ۱۵۳-۷ میکرومتر بر روی قطعات اعمال شود، حفاظت بیشتری را در مقایسه با نیکل و سایر پوشش های کاتدی با ضخامت مشابه اش ایجاد می‌کند. در محیط های دریایی، پوشش کادمیوم بهتر از پوشش روی عمل می‌کند. هنگامی که هدف اصلی حفاظت در مقابل خوردگی اتمسفری و یا فضای سرپوشیده باشد، ترجیحاً از فلز روی برای پوشش دادن قطعات فولادی و چدنی استفاده می‌شود، زیرا این فلز نسبتاً ارزان بوده و پوشش دادن آن از طریق روش های آبکاری مداوم- مخزنی و بشکه‌ای به راحتی امکان پذیر است. در صورتی که عملیات تکمیلی روی پوشش روی آبکاری شده انجام نشود، این پوشش در مجاورت هوا به تدریج خاکستری تیره می‌شود. گاهی اوقات پوشش روی براق که پس از آبکاری بر روی آن لایه‌ای از لاک شفاف ایجاد شده، یا کروماته شده است و یا هر دو این عملیات ها بر روی آن انجام گرفته است، به عنوان پوشش تزیینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه چنین پوششی در مقایسه با پوشش های ضخیم نیکل- کروم از دوام کمتری برخوردار است، اما در بسیاری موارد نسبت به پوشش های نازک نیکل- کرم مقاومت بهتری در مقابل خوردگی از خود نشان می دهد و در عین حال بسیار ارزان تر است.

محلول های آبکاری روی

آبکاری معمولی روی در محلول های آبکاری کاملاً متفاوتی انجام می‌گیرد که عمده ترین آن ها عبارتند از، محلول های آبکاری سیانید، محلول های آبکاری قلیایی غیرسیانیدی و محلول های آبکاری اسیدی کلریدی. در دهه ۷۰ اکثر آبکاری های معمولی روی در محلول های آبکاری سیانیدی انجام می‌شد، اما اعمال مقررات سخت به منظور کنترل آلودگی ها در سراسر جهان منجر به پیشرفت و استفاده از سایر فرآیندها گردید.

امروزه آبکاری روی براق، در محلول های اسیدی کلریدی نسبت به روش های دیگر از پیشرفت چشمگیرتری برخوردار است. تقریباً نیمی از محلول های آبکاری موجود در کشورهای پیشرفته و اکثر محلول های آبکاری جدیدالتأسیس از این تکنولوژی بهره می‌گیرند. اگرچه بعضی از عملیات ها از قبیل چربی گیری قبل از آبکاری و کروماته کردن پوشش پس از آبکاری در کلیه فرآیند ها مشترک می‌باشند. اما خود محلول های آبکاری تفاوت‌های زیادی با هم دارند. دراین مقاله هریک از این محلول ها به تفضیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند و ترکیب، مزایا و معایب آن ها ذکر شده است.

محلول های آبکاری سیانید روی

محلول های آبکاری سیانید روی براق را می‌توان بر اساس مقدار سیانید آن ها به چهار گروه کلی تقسیم نمود.

الف) محلول های سیانید روی استاندارد

ب) محلول های سیانید روی متوسط یا نیمه سیانید

ج) محلول های کم سیانید روی

د) حمام های میکرو سیانید روی

ترکیب کلی و شرایط عمل محلول های آبکاری مختلف ذکر شده است. در اغلب محلول های آبکاری سیانید از سیانید روی، سیانید سدیم، هیدروکسید سدیم و یا از گنستانتره های اختصاصی استفاده شده است. به منظور رسوب دادن فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم که به صورت ناخالص در آند وجود دارند و وارد حمام می‌شوند، پلی سولفید و یا تتراسولفید سدیم با نام معمول خالص کننده روی، در محلول های آبکاری استاندارد و نیمه سیانید و بعضی مواقع در محلول های کم سیانید مورد استفاده قرار می‌گیرد. محلول های آبکاری سیانید روی استاندارد از مزایای زیادی برخوردارند. از اوایل دهه ۱۹۴۰ محلول های سیانید استاندارد رکن اساسی صنعت آبکاری روی براق بوده‌اند. اطلاعات زیادی در مورد تکنولوژی محلول آبکاری سیانید استاندارد از قبیل چگونگی فرآیند، نحوه عمل و رفع عیوب احتمالی در دست است. محلول سیانید استاندارد دارای قدرت پرتابی بسیار خوبی است. توانایی این محلول برای ایجاد پوشش روی در دانسیته‌های جریان بسیار کم خیلی بیشتر از سایر محلول ها است. میزان این توانایی به ترکیب محلول آبکاری، دما، نوع فلز پایه و مواد افزودنی به کار رفته در محلول بستگی دارد ولی به طور کلی این محلول آبکاری نسبت به محلول آبکاری کلریدی ارجحیت دارد. این مزیت برای آبکاری قطعات با اشکال پیچیده، عاملی تعیین کننده است. اگرچه این محلول آبکاری از لحاظ شیمیایی پیچیده می‌باشد؛ می‌توان در کمتر از ۵ دقیقه با آنالیز سه جزء اصلی آن، یعنی فلز روی، سیانید سدیم کل و هیدروکسید سدیم به سادگی محلول آبکاری را کنترل نمود. ترکیب محلول های سیانید روی از انعطاف زیادی برخوردار است و در فرمول بندی آن می‌توان تغییرات بسیاری را ایجاد نمود. به این ترتیب بسته به نیاز قادر خواهیم بود محلول هایی با ترکیب های مختلف تهیه نمود. محلول های سیانید روی به شدت قلیایی می‌باشند، در نتیجه برای تجهیزات مورد استفاده، خطر خوردگی بوجود نمی‌آید. در صورتی که برای این محلول های آبکاری از مخازن فولادی و سبدهای آند استفاده شود، از سرمایه گذاری اولیه آبکاری تا حد زیادی کاسته خواهد شد. محلول سیانید از معایبی نیز برخوردار است که از آن جمله می‌توان به سمی بودن آن اشاره کرد.

در محلول آبکاری سیانید روی، استاندارد غلظت سیانید سدیم کل ۹۰ گرم در لیتر است که به استثنای محلول های سیانید کادمیوم، بالقوه سمی‌ترین محلول مورد استفاده در صنعت آبکاری می‌باشد. غلظت زیاد سیانید و هزینه بالای تصفیه پس آب حاصل از آن، دلیل اصلی فراگیرشدن محلول های آبکاری رقیق‌تر و استفاده از محلول های اسیدی و غیرسیانیدی قلیایی می‌باشد. تکنولوژی تصفیه پس آب محلول های آبکاری سیانید بسیار پیشرفته است ولی هزینه تأسیسات آن ممکن است به اندازه هزینه تأسیسات آبکاری و یا حتی بیشتر از آن شود. اشکال دیگر این محلول ها، هدایت نسبتاً ضعیف آن هاست. از آنجایی که هدایت محلول های اسیدی بیشتر از موحلول های سیانیدی است، با استفاده از آن ها می‌توان تا حدود زیادی در مصرف برق صرفه جویی نمود. راندمان آبکاری محلول های سیانیدی بسته به عواملی نظیر دما، غلظت سیانید و دانسیته جریان تا حد زیادی متغیر است. درصورتی که دانسیته جریان در آبکاری بشکه‌ای حداکثر ۲/۵ آمپر بر دسی متر مکعب باشد، راندمان بین ۷۰ تا ۹۰ درصد خواهد بود. در آبکاری مخزنی چنانچه دانسیته جریان بیش از ۶ آمپر بر دسی متر مکعب باشد، راندمان به سرعت کاهش می‌یابد و کمتر از ۵۰ درصد خواهد شد. با وجود آن که از سال ۱۹۵۰ به بعد رشد خوبی در براق کننده های محلول های آبکاری سیانیدی وجود داشته است. ولی هیچ یک از مواد افزودنی قادر به ایجاد هم سطح کنندگی حاصل از محلول های اسیدی نبوده‌اند. براقی و یکنواختی پوشش‌های حاصل از محلول های آبکاری جدید اسیدی را نمی‌توان از طریق محلول های سیانیدی بدست آورد.

محلول های آبکاری نیمه سیانید روی

به منظور کاهش پساب حاوی سیانید و نیز کاهش هزینه بهره برداری، اکثر محلول های آبکاری مورد استفاده سیانید روی از

جدول (۱): ترکیب و شرایط کاری محلول های آبکاری سیانید روی

نوع ترکیب	مقدار مناسب (گرم بر لیتر	گستره مقدار مناسب (گرم بر لیتر	
آماده سازی شده			محلول آبکاری سیانید استاندارد دمای آبکاری ۲۹ درجه سانتی گراد و گستره حرارتی مناسب ۴۰ – ۲۱ درجه سانتی گراد می باشد
سیانید روی	۶۱	۸۶- ۵۴	
سدیم	۴۲	۴۱ – ۳۱	
سود	۷۹	۱۰۵ – ۶۸	
کربنات سدیم	۶۰ – ۱۵		
سدیم پلی سولفید	۲	۳ – ۲	
براق کننده	–	۴ – ۱	
آنالیز شده			
فلز روی	۳۴	۴۸ – ۳۰	
مجموع سیانید روی	۹۳	۱۱۳ – ۷۵	
سود	۹۳	۱۱۳ – ۷۵	
نسبت سیانید سدیم به روی	۲/۷۵	۳ – ۲	
آماده سازی شده			محلول آبکاری نیمه سیانید
سیانید روی	۳۰	۳۴ – ۲۷	
سدیم	۲۰	۲۸ – ۱۵	
سود	۷۵	۹۰ – ۶۰	
کربنات سدیم	۱۵	۶۰ – ۱۵	
سدیم پلی سولفید	۲	۳- ۲	
براق کننده	–	۴ – ۱	
آنالیز شده			
فلز روی	۱۷	۱۹ – ۱۵	
مجموع سیانید روی	۴۵	۵۷ – ۳۸	
سود	۷۵	۹۰ – ۶۰	
نسبت سیانید سدیم به روی	۲/۶	۳ – ۲	
آماده سازی شده			محلول آبکاری کم سیانید دمای آبکاری ۲۷ درجه سانتی گراد و گستره حرارتی مناسب ۳۵ – ۲۱ درجه سانتی گراد می باشد
سیانید روی	۹/۴	۱۴ – ۷/۵	
سدیم	۷/۵	۱۵ – ۶	
سود	۶۵	۷۵ – ۵۲	
کربنات سدیم	۱۵	۶۰ – ۱۵	
سدیم پلی سولفید	–	–	
براق کننده	–	۵ – ۱	
آنالیز شده			
فلز روی	۷/۵	–	
مجموع سیانید روی	۷/۵	۱۵ – ۶	
سود	۷۵	۷۵ – ۶۰	

	۱	۱	نسبت سیانید سدیم به روی
محلول میکرو سیانیدی دمای آبکاری ۲۷ درجه سانتی گراد و گستره مناسب حرارتی ۳۵ – ۲۱ درجه سانتی گراد می باشد	آماده سازی شده		
	آند روی را در محلول حل کنید تا غلظت) (مناسب فلز روی به دست آید	آند روی را در محلول حل) کنید تا غلظت مناسب فلز (روی به دست آید	سیانید روی
	۱ – ۰/۷۵	۱	سدیم
	۷۵ – ۶۰	۷۵	سود
	–	–	کربنات سدیم
		–	سدیم پلی سولفید
		–	براق کننده
	آنالیز شده		
	۶ – ۱۱/۳	۷/۵	فلز روی
	۱ -۰/۷۵	۱	مجموع سیانید روی
	۷۵ – ۶۰	۷۵	سود
	–	–	نسبت سیانید سدیم به روی

*** دانسیته جریان متوسط برای آبکاری بارل در این جدول ۰/۶ آمپر بر دسی متر مربع، برای آبکاری تانک ثابت ۵ – ۲ آمپر بر دسی متر مربع و ولتاژ برای تانک ثابت ۶ – ۳ ولات و برای بارل ۲۵ – ۱۲ ولت می باشد.**

نوع نیمه سیانید یا سیانید رقیق می‌باشند. فرمولاسیون این محلول های آبکاری در جدول (۱) ذکر شده است.

خصوصیات آبکاری محلول های نیمه سیانید، عملاً مشابه محلول های آبکاری استاندارد است. تنها اشکالی که محلول های نیمه سیانید در مقایسه با محلول های استاندارد دارند، تحمل کمتر ناخالصی‌ها و نیز قدرت تمیزکنندگی کمتر قطعاتی است که خوب چربی گیری نشده‌اند. البته درصورتی که فرآیند به درستی انجام شود، درعمل با این اشکالات مواجه نخواهیم شد. مزایای فراوان محلول های نیمه سیانیدی از جمله امکان شستشوی راحت‌تر، بیرون ریختن کمتر مواد، صرفه جویی‌های انجام شده در ساخت الکترولیت و نگهداری و خنثی نمودن پس آب آبکاری، موجب برتری این نوع محلول آبکاری نسبت به سایر محلول های سیانیدی شده است. خصوصیات محلول های کم سیانید روی که عموماً دارای غلظتی حدود ۱۲-۵ گرم بر لیتر سیانید سدیم و فلز روی هستند نسبت به محلول های سیانید استاندارد و یا نیمه سیانید تفاوت زیادی دارند. مواد افزودنی که معمولاً در محلول های سیانید متوسط و استاندارد به کار می‌روند، در شرایطی که غلظت سیانید فلز کم است، به خوبی عمل نمی‌کنند. برای محلول های کم سیانید براق کننده های اختصاصی تهیه شده است. محلول های کم سیانید روی در مقایسه با محلول های استاندارد و یا متوسط، حساسیت بیشتری نسبت به دمای بسیار بالا و یا پایین نشان می‌دهند. در ابتدای راه اندازی ممکن است راندمان این محلول ها درحد محلول های سیانید استاندارد باشد ولی با گذشت زمان بازدهی به سرعت کاهش می‌یابد (به خصوص در دانسیته جریان های بالاتر). قدرت پوشش دادن و قدرت پرتابی محلول های کم سیانید براق نسبت به محلول های استاندارد و یا نیمه سیانید کمتر است. با این وجود معمولاً می‌توان اکثر قطعاتی را که در الکترولیت‌های غلیظ تر آبکاری می‌شوند در محلول های کم سیانید نیز آبکاری نمود. مقدار سیانید و فلز روی در محلول های کم سیانید بسیار کمتر است. این محلول ها درمقایسه با محلول های استاندارد و یا نیمه سیانید نسبت به ناخالصی‌ها از حساسیت کمتری برخوردارند. از یک سو حلالیت ناخالصی‌های فلزات سنگین در غلظت های کم سیانید کمتر است و از سوی دیگر محلول های کم سیانید به ویژه در دانسیته جریان های بالاتر، پوشش براق‌تری ایجاد می‌کنند. محلول های کم سیانید برخلاف سایر محلول های آبکاری سیانیدی نسبت به افزودن سولفید که به منظور کاهش ناخالصی ها انجام می‌گیرد، خیلی حساسند، به طوری که افزودن مرتب سولفید ممکن است برای آبکاری براق زیان آور باشد.

محلول های آبکاری میکرو سیانید روی

این محلول ها اصولاً نمونه ابتدایی‌تر و غیر پیشرفته تر محلول غیرسیانیدی و قلیایی روی هستند. از آنجایی که استفاده از محلول آبکاری قلیایی بدون سیانید به لحاظ محدودیت های فراوان آن مشکل است، اغلب متخصصان مقدار بسیار جزیی سیانید مثلاً ۱ گرم بر لیتر به این محلول ها می‌افزایند. سیانید اضافه شده اصولاً به عنوان ماده افزودنی عمل می‌نماید و موجب افزایش محدوده غلظت براق کننده های محلول آبکاری و سهولت کار می‌شود. این مقدار سیانید اضافه شده، هدف اصلی محلول های بدون سیانید قلیایی را که همان حذف کامل سیانید است، نقض می‌کند و معمولاً برای محلول های آبکاری

روی توصیه نمی‌شود چرا که تنها یک عامل کمکی به حساب می‌آید.

آماده سازی محلول های سیانید روی

جهت تهیه محلول های آبکاری سیانید روی مراحل ذیل را انجام دهید:

- حدود دو سوم تانک را از آب شیر پر کنید.
- به آهستگی هیدروکسید سدیم مورد نیاز را در حالی که محلول را هم می‌زنید اضافه کنید.
- مقدار مورد نیاز سدیم سیانید را بیفزایید و آن را مخلوط کنید تا حل شود.
- دوغابی از مقدار لازم اکسید یا سیانید روی را تهیه کنید و به آرامی به محلول آبکاری اضافه کنید. آن را مخلوط کنید تا کاملاً حل شود. به جای نمک های روی (اکسید یا سیانید) می‌توان آند روی کرومی را در محلول قرارداده و آن قدر صبر نمود تا غلظت فلز در محلول در اثر حل شدن آند به حد مطلوب برسد. در محلول های آبکاری ثابت ۱۵ گرم بر لیتر سدیم کربنات نیز اضافه کنید.
- حدود ۲-۱ گرم بر لیتر پلی سولفید سدیم و یا خالص کننده روی را به محلول های استاندارد و سیانید متوسط اضافه کنید.
- مقدار کافی براق کننده بیفزایید و آبکاری را به صورت آزمایشی انجام دهید. کار را شروع کنید.

درصورتی که ناخالصی نمک های مورد استفاده برای ساخت محلول زیاد باشد، می‌توانید از غبار روی استفاده کنید و یا با استفاده از دانسیته جریان بسیار کم، ۰/۳ – ۰/۲ آمپر بر دسی متر مربع، ناخالصی‌های فلزی را رسوب دهید. غبار روی را باید به میزان ۲ گرم بر لیتر اضافه و محلولآبکاری را برای حدود یک ساعت هم زد. پس از ته نشینی باید الکترولیت را فیلتر نمود.

براق کننده های آبکاری سیانید روی

براق کننده های محلول آبکاری روی اکثراً مخلوط های خاصی از مواد افزودنی آلی و معمولاً ترکیباتی از محصولات واکنش پلی اپوکسی آمین، پلی وینیل الکل ها و آلدیید های آروماتیک هستند. این مواد به شکلی فرموله شده‌اند که قادر به ایجاد براقی در دانسیته جریان کم و زیاد بوده و در دمای بالا پایدارند. امروزه استفاده از براق کننده های فلزی که مبنای نیکل و مولیبدن دارند تقریباً منسوخ شده است. میزان مصرف براق کننده ها براساس توصیه های سازندگان صورت می‌گیرد. ممکن است در صورت استفاده از براق کننده های مختلف مشکلاتی به وجود آید، به همین دلیل باید قبل از استفاده از براق کننده های جدید، آزمایش هول- سل انجام گیرد.

شرایط کاری محلول های سیانید استاندارد و سیانید متوسط

آندها

تقریباً تمام اشکال فیزیکی آند روی در آبکاری سیانید روی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، ولی ممکن است در هر کشوری نوع خاصی از آن رایج باشد. در ایالات متحده آمریکا، ساچمه های ریختگی روی که دارای قطر تقریبی ۵۰ میلی‌متر بوده و در سبد های سیمی مارپیچ مانند فولادی قرار دارند، رایج‌ترین نوع آند هستند. نوع دیگر آند روی آند با انتهای صاف می‌باشد و دارای سطح صافی است که آن را از آند ساچمه‌ای کادمیوم متمایز می‌کند. با استفاده از آندهای ساچمه ای می‌توان از بیشترین سطح آند بهره گرفت. در ضمن نگهداری آن ها راحت تر است و عملاً به طور کامل در محلول آبکاری حل می‌شوند.

یکی از اقتصادی ترین انواع آند، شمش های ریختگی بزرگ است که ماده اصلی برای آند ریختگی بیضوی و یا کروی هستند. اگر چه این آندها معایبی مثل حجیم بودن و لزوم ساخت سبدهای مخصوص را دارند، ولی به سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نیاز داشته و این امر به عنوان یک فاکتور اقتصادی مهم موجب استفاده از آن ها در کارگاه های بزرگ‌تر آبکاری روی می‌شود.

آندهایی که معمولاً در محلول های سیانیدی روی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

۱-prime western

۲- آند با درجه خلوص متوسط

۳- آند با درجه خلوص بالا

میزان روی این آندها به ترتیب حدوداً ۹۸/۵ درصد، ۹۹/۵ درصد و ۹۹/۹۹ درصد است. نا خالصی‌های معمول آند ها فلزات سنگین هستند، که در صورت عدم تصفیه مداوم، موجب مشکلاتی در تشکیل پوشش می‌شوند. به این ترتیب برای دستیابی به نتایج نسبتاً مطلوب و بدون درد سر باید از آند مخصوص با درجه خلوص بالا استفاده نمود. ترکیب شیمیایی این آند معمولاً به صورت زیر می‌باشد:

ماده تشکیل دهنده	مقدار (درصد)
روی	۹۹/۹۹۳۰
سرب	۰/۰۰۳۹
کادمیوم	۰/۰۰۱۷
آهن	۰/۰۰۱۰
مس	جزیی

کنترل غلظت فلز روی

آندهای روی به صورت شیمیایی در محلول های سیانید حل می‌شوند، در نتیجه راندمان مؤثر آند روی ۱۰۰ درصد است که منجر به افزایش غلظت فلز روی در الکترولیت می‌شود، زیرا راندمان کاتد معمولاً کمتر از ۱۰۰ درصد است، روش‌های متفاوتی جهت کنترل میزان روی وجود دارد. در تانک های سیانید روی باید برای هر یک متر طول حدود ۱۰ ظرف مارپیچی آند کروی قرار داد. در صورتی که زمان عدم استفاده از تانک آبکاری بیش از چهل و هشت ساعت باشد، بهتر است آندها را از محلول خارج نماییم. در بعضی موارد می‌توان برای کنترل غلظت روی از آندهای آهنی نیز استفاده نمود.

یکی از علل اصلی افزایش فلز روی، تشکیل سلول گالوانیک بسیار فعالی بین آندهای روی و سبد فولادی حاوی آن می‌باشد و از

نشانه های آن متصاعد شدن گاز در نواحی آند به هنگام توقف کار است. جهت پیشگیری می‌توان قبل از توقف کار ظروف حاوی آند را با روی پوشش داده و به این ترتیب از تشکیل سلول گالوانیک جلوگیری به عمل آورد.

درجه حرارت

در محلول های سیانید، درجه حرارت از اهمیت بیشتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار است و باید به طور مرتب کنترل شود. در عمل محلول های سیانید روی در محدوده نسبتاً وسیع ۵۵ – ۱۲ درجه سانتی گراد کاربرد دارند، درحالی که اکثریت قریب به اتفاق محلول های آبکاری بین دمای ۳۲-۲۳ درجه سانتی گراد کار می‌کنند. درجه حرارت مناسب برای یک محلول معین بستگی به نوع قطعه، کیفیت پوشش و خصوصیات مهندسی سیستم آبکاری آن دارد.

با افزایش دمای محلول آبکاری موارد زیر رخ می دهد:

- راندمان کاتد افزایش می‌یابد.
- خوردگی آند افزایش می‌یابد.
- پوشش های کدرتری در محدوده وسیعی از دانسیته جریان تولید می‌شوند.
- قدرت پوشش دادن کاهش می‌یابد.
- تجزیه سیانید و مواد افزودنی افزایش می‌یابد.

کاهش دمای محلول آبکاری اثرات معکوسی دارد. به این ترتیب، درصورتی که قطعه‌ای جهت آبکاری به کار گرفته شود که در آن براقی پوشش از اهمیت چندانی برخوردار نیست و نیز قدرت پرتاب و پوشش از عواملی بحرانی نمی‌باشند، بهتر است دمای محلول آبکاری را تا آنجایی که عملاً امکان پذیر است افزایش داد تا به هدایت و راندمان آبکاری مطلوب دست یابیم. برای آبکاری براق باید دمای محلول آبکاری را پایین‌تر آورد تا قدرت پرتابی به حد مورد نیاز و مطلوب رسیده و پوشش های براقی ایجاد گردد. با افزایش نسبت سیانید کل به روی در محلول آبکاری، می‌توان تا حد زیادی تأثیرات دماهای بالاتر را جبران نمود. همان طور که در جدول (۲) نشان داده شده است، برای هر سیستم اختصاصی این نسبت دقیق به میزان جزیی تغییر می‌کند.

جدول (۲): اثر دمای محلول آبکاری بر روی نسبت سیانید کل به روی

دما بر حسب درجه سانتی گراد	دما بر حسب درجه فارنهایت	نسبت سدیم کلرید کل به روی محلول آبکاری سیانید (استاندارد)	نسبت سدیم کلرید کل به روی محلول آبکاری (سیانید متوسط)
۲۲	۷۲	۲/۶	۲/۲
۲۶	۷۹	۲/۷	۲/۳
۳۰	۸۶	۲/۸	۲/۴
۳۴	۹۳	۲/۹	۲/۵
۳۸	۱۰۰	۳/۰	۲/۶
۴۲	۱۰۸	۳/۲	۲/۷
۴۶	۱۱۵	۳/۳	۳/۰

دانسیته جریان کاتدی

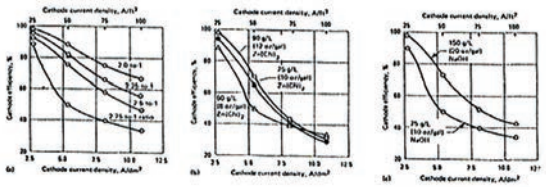
محلول های سیانید روی براق در محدوده وسیعی از دانسیته جریان کاتدی حتی کمتر از ۰/۰۰۲ آمپر بر دسی متر مربع تا بیش از ۲/۵ آمپر بر دسی متر مربع بدون ایجاد سوختگی عمل می‌نمایند. محدوده دانسیته جریان قابل استفاده به ترکیب محلول آبکاری ، درجه حرارت، حرکت قطعه و مواد افزودنی مورد نیاز بستگی دارد. متوسطه دانسیته جریان به کار رفته در آبکاری بشکه‌ای حدود ۰/۶ آمپر بر دسی متر مربع و در آبکاری ثابت ۲/۵ آمپر بر دسی متر مربع می‌باشد.

آبکاری بشکه ای روی پدیده پیچیده‌ای است که در طی آن توده بزرگی از قطعات بلور دایم در بشکه ای غلتانده می‌شوند، ممکن است در یک زمان دانسیته جریان در یک نقطه بسیار کم باشد، یا حتی سبب برداشته شدن پوشش شود و در لحظه‌ای دیگر دانسیته جریان به بیش از ۲۰ آمپر بر دسی متر مربع برسد. به طور کلی آبکاری بشکه‌ای در دانسیته جریان کم حدود ۱۰ – ۰/۲ آمپر بر دسی متر مربع انجام می‌شود. ثابت نگهداشتن متوسط دانسیته جریان کاتدی در آبکاری ثابت راحت‌تر بوده و مقدار آن بین ۵-۲ آمپر بر دسی متر مربع متغیر است. دانسیته جریان واقعی هر ناحیه معین از یک قطعه تا حد زیادی به شکل قطعه، فاصله آند و کاتد از هم، شکل تانک آبکاری و سایر فاکتورهایی که بر خصوصیات اولیه و ثانویه توزیع جریان تأثیر می‌گذارند، بستگی دارد، در اغلب موارد می‌توان با طراحی صحیح تغییرات دانسیته جریان در قطعه را به حداقل رساند. مثلاً اگر حداقل ضخامت متوسط ۰/۴ میکرو متر مد نظر باشد، ممکن است ضخامت در نقاط مختلف قطعه بین ۸-۲/۵ میکرومتر باشد.

راندمان جریان کاتدی

در آبکاری بشکه‌ای سیانید روی، راندمان جریان کاتدی بر حسب تغییرات دما، فرمولاسیون و دانسیته جریان بین ۷۵ تا ۹۴ درصد تغییر می‌کند. در آبکاری ثابت و در دانسیته جریان بالا به ویژه بیش از ۳ آمپر بر دسی متر مربع اختلاف زیادی در راندمان‌های جریان مشاهده می‌شود. در شکل (۱) تاثیرات غلظت فلز روی، غلظت هیدروکسید سدیم و نسبت سیانید به روی بر راندمان جریان کاتدی نشان داده شده است. همان گونه که از منحنی‌ها مشخص است، راندمان جریان در محلول های آبکاری متداول از حدود ۹۰ درصد در شدت جریان ۲/۵ آمپر بر دسی متر مربع به ۵۰ درصد در ۰/۵ آمپر بر دسی متر مربع کاهش می‌یابد. اگر چه با استفاده از محلول هایی که دارای غلظت سیانید بالا هستند می‌توان راندمان جریان را بهبود بخشید، ولی به کارگیری این نوع محلول نیز خود مشکلات عدیده‌ای را به همراه دارد که از آن جمله می‌توان قدرت پرتاب نسبتاً ضعیف محلول، مصرف بیشتر براقی، هزینه بیشتر عملیات و مشکل نگهداری آن را نام برد.

در اکثر واحدهای آبکاری از محلول های آبکاری استاندارد رقیقتر و با سیانید متوسط استفاده می‌شود و عملکرد این محلول ها شبیه محلول های استاندارد می‌باشد.



شکل (۱): تأثیر تغییر در ترکیب شیمیایی محلول آبکاری و دانسیته جریان کاتدی بر روی راندمان کاتد

کربنات سدیم

کربنات سدیم در کلیه محلول های آبکاری قلیایی و سیانید روی حضور دارد. این ماده به دو صورت می تواند وارد محلول آبکاری شود:

۱) به صورت ناخالصی همراه نمک های سازنده‌ی الکترولیت، هیدروکسید سدیم و سیانید سدیم. این ترکیبات ممکن است حاوی ۲– ۰/۵ درصد کربنات سدیم باشند.

۲) به صورت مستقیم.که در این حالت همان گونه که قبلاً اشاره شد در ابتدای کار غلظت ۳۰-۱۵ گرم بر لیتر به محلول آبکاری افزوده می‌شود.

وجود کربنات سدیم در محلول سیانید روی به اندازه محلول آبکاری سیانید کادمیوم اثرات زیان آور ندارد. سدیم کربنات تا زمانی که غلظت آن از ۱۰۵-۷۵ گرم بر لیتر بالاتر نرود، تأثیری بر روی کار معمول محلول آبکاری ندارد. بسته به ترکیب کلی محلول و نوع قطعه پایه، این محدوده از غلظت کربنات سدیم موجب کاهش جزیی راندمان جریان (به ویژه در دانسیته های جریان بالاتر)، کاهش هدایت محلول آبکاری و ایجاد پوشش‌های زبر می‌شود. غلظت کربنات حمام های روی در اثر تجزیه سیانید سدیم و نیز جذب دی‌اکسید کربن از هوا و واکنش آن با هیدروکسید سدیم محلول، افزایش می‌یابد.

بهتر است برای حذف کربنات ها، به جای روش‌های شیمیایی که از لحاظ نظری ساده ولی در عملاً بسیار مشکل و پر زحمت هستند، یکی از روش های سرد کردن را به کار برد. هنگامی که کربنات های اضافی کار یک حمام روی را با اشکال مواجه می‌سازد، رقیق نمودن محلول آبکاری بهترین و سریع‌ترین راه می‌باشد.

پارامترهای بهره برداری از سیستم‌های کم سیانید روی

کنترل دما در محلول آبکاری کم سیانید به اندازه محلول استاندارد با سیانید متوسط عاملی مهم و تعیین کننده است. در اکثر محلول های آبکاری اختصاصی، دمای مطلوب حدود ۲۹درجه سانتی گراد است که محدودتر از محلول استاندارد سیانید است. در نتیجه نسبت به سیستم های استاندارد، وجود امکانات خشک کن کافی برای سیستم های کم سیانید عاملی بهتر و تعیین کننده‌تر است.

دانسیته جریان کاتدی

متوسط دانسیته جریان کاتدی به کار رفته در اکثر محلول های آبکاری کم سیانید مشابه محلول های آبکاری استاندارد سیانید است؛ ولی با این وجود تعدادی از محلول های آبکاری اختصاصی تحمل دانسیته جریان بسیار بالا را مثل محلول آبکاری استاندارد سیانید ندارند و در صورتی که دانسیته جریان به میزان زیادی افزایش یابد شکل سوختگی در محلول آبکاری کم سیانید نسبت به محلول های آبکاری متداول، حادتر خواهد بود.

همزدن

برخلاف محلول های آبکاری استاندارد سیانید که معمولاً فاقد همزن می باشند، در محلول های آبکاری کم سیانید، همزدن مکانیکی و یا استفاده از هوا برای همزدن محلول امری متداول است و برای دستیابی به دانسیته جریان بالای مطلوب آبکاری مفید می‌باشد.

فیلتر نمودن

اغلب محلول های آبکاری کم سیانید در مقایسه با محلول های آبکاری استاندارد و سیانید متوسط در حین کار بسیار تمیزتر هستند، محلول آبکاری کم سیانید پاک کننده ضعیفی است و خاک هایی که ممکن است در محلول های آبکاری سیانید غلیظ متبلور و از محلول آبکاری حذف شوند به آسانی تحت تأثیر محلول آبکاری کم سیانید قرار نمی‌گیرند.

راندمان

راندمان محلول آبکاری کم سیانیدی که مدتی از راه اندازی آن گذشته است، خیلی بیشتر از محلول آبکاری سیانید استاندارد، به مواد افزودنی به کار رفته در آن بستگی دارد. محلول های آبکاری اختصاصی مختلف راندمان‌های متفاوتی دارند.

در یک محلول آبکاری کم سیانید که تازه است، راندمان جریان نسبت به محلول آبکاری استاندارد و با سیانید متوسط به میزان جزیی بیشتر است، ولی با افزایش عمر محلول آبکاری راندمان جریان افت می‌کند که احتمالاً علت آن تشکیل محصولات ناشی از تجزیه مواد افزودنی است. پس از گذشت ۳ ماه از به کارگیری یک محلول آبکاری به ویژه در دانسیته های جریان بالاتر، راندمان ممکن است حدود ۳۰ درصد کمتر از راندمان یک محلول آبکاری سیانید شود. افزایش دما، غلظت فلز روی و هیدروکسید سدیم مانند محلول آبکاری سیانید استاندارد موجب زیاد شدن راندمان محلول آبکاری کم سیانید می‌شود، با این وجود، این تغییرات اثرات زیان آوری بر روی محدوده مراقبت دارند و به این ترتیب مزیت افزایش راندمان را می‌پوشاند.

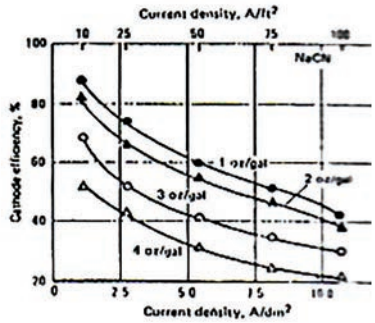
جدول (۳) تأثیرات مربوط به اجزای تشکیل دهنده محلول آبکاری و نیز دما را بر روی خصوصیات آبکاری سیستم های کم سیانید روی براق نشان داده است.

جدول (۳): تأثیر مواد تشکیل دهنده محلول آبکاری و دما بر روی ویژگی های آبکاری براق محلول آبکاری کم سیانید روی

متغیرها	راندمان کاتد	محدوده‌ی آبکاری براق	قدرت پرتاب براق دانسیته جریان کم
افزایش سدیم هیدروکسید	افزایش می‌یابد	به مقدار کمی کاهش می‌یابد	قابل اغماض است
افزایش فلز روی	افزایش می‌یابد	کاهش می‌یابد	کاهش می یابد

افزایش سیانید سدیم	کاهش می‌یابد	افزایش می‌یابد	افزایش می یابد
افزایش براقی	افزایش می‌یابد	افزایش می‌یابد	افزایش می یابد
افزایش دما	افزایش می‌یابد	کاهش می‌یابد	کاهش می یابد

شکل (۲) نشان‌دهنده اثر غلظت سیانید سدیم بر روی راندمان کاتد است.



شکل (۲): تأثیر غلظت سدیم سیانید بر راندمان کاتدی در محلول های آبکاری روی کم سیانید

قدرت پرتاب و قدرت پوشش

قدرت پوشش براق یک محلول آبکاری کم سیانید که در دانسیته جریان کم کار می‌کند به خوبی محلول آبکاری استاندارد و یا سیانید متوسط نیست. با این وجود در اکثر آبکاری‌ها این اختلاف قابل اغماض است و تنها در مورد قطعاتی که حفره‌های عمیق دارند عامل مهمی محسوب می‌شود. اکثر قطعاتی که در محلول آبکاری سیانید استاندارد آبکاری می‌شوند را می‌توان در محلول آبکاری کم سیانید بدون بروز مشکلاتی از قبیل نواحی کدردر نقاط فرورفته آبکاری کرد.

افزایش غلظت براق کننده ها و سیانید در حد قابل قبول باعث بهبود پوشش براق در دانسیته جریان کم می‌شود. در جایی که امکان آبکاری براق در دانسیته جریان بسیار پایین کم است، می‌توان با افزایش غلظت سیانید تا حدود ۱۵ گرم بر لیتر، این مشکل را برطرف نمود. البته افزایش غلظت در عوض موجب برگرداندن سیستم به محدوده پایین‌تر محلول آبکاری سیانید متوسط می‌شود.

پارامترهای بهره برداری از سیستم‌های قلیایی روی بدون سیانید

درجه حرارت

کنترل درجه حرارت در محلول های آبکاری روی بدون سیانید حساس تر از محلول های کم سیانید استاندارد می‌باشد. دمای مطلوب برای بیشتر محلول های آبکاری حدوداً ۲۹ درجه سانتی گراد است که می تواند در محدوده ۳۵ – ۲۱ درجه سانتی گراد تغییر کند. در دمای پایین یا آبکاری انجام نمی‌شود و یا این که در بیشتر موارد، پوشش‌های خیلی نازک و سفیدتری ایجاد می‌شود. دماهای بالا محدوده آبکاری براق را کم کرده و دانسیته جریان پایین باعث کدر شدن پوشش و مصرف بسیار زیادتر براقی می‌شود.

از آنجایی که این محدودیت های دما برای محلول های آبکاری روی بدون سیانید در همان حدی است که به طور متعارف در محلول های آبکاری سیانید روی استاندارد استفاده می‌شود، هیچ گونه وسیله خنک کننده اضافی مورد نیاز نیست.

ولتاژهای آبکاری

ولتاژ معمولی استفاده شده در محلول های آبکاری سیانید روی استاندارد برای محلول های آبکاری روی بدون سیانید برای دو نوع آبکاری بشکه ای و ثابت مناسب و کافی است. ولتاژ معمول حدوداً ۳ ولت است (با گستره ۲ تا ۲۰ ولت) که این مقدار به شکل قطعه، ارتباط آند و کاتد، دما، اندازه سبد بشکه و متغیرهای متشابه که برای هر عملیاتی منحصر به فرد است، بستگی دارد.

دانسیته‌های جریان کاتد

حداکثر دانسیته جریان کاتدی مجاز در محلول آبکاری بدون سیانید معمولی حدوداً خیلی نزدیک به محلول آبکاری استاندارد سیانید می‌باشد. گستره های دانسیته جریان ۰/۱ تا حداکثر ۲۰ آمپر بر دسی متر مربع را می توان به کار گرفت. این گستره خیلی وسیع آبکاری اجازه می‌دهد که آبکاری ثابت در یک دانسیته جریان متوسط از ۲ تا ۴ آمپر بر دسی متر مربع انجام شود. به این ترتیب یک محلول آبکاری بدون سیانید امکان تولید انبوه را میسر می‌سازد.

آندها

از فلز روی استاندارد کروی و یا شمش داخل ظروف استیل در الکترولیت های بدون سیانید به عنوان آند استفاده می‌شود. طی ۲ تا ۳ هفته اول راه‌اندازی محلول های آبکاری روی بدون سیانید، به منظور دستیابی به یک آنالیز مستمر روی در محلول آبکاری، آند را باید به دقت مورد بررسی قرار داد. تا سطح مؤثر آن تعیین شود. نسبت فولاد به آند روی باید زیاد باشد و سطح آند حتی‌المقدور باید بزرگ در نظر گرفته شود، در هنگام وقفه‌های حین کار بهتر است آندهای روی را از محلول خارج نمود.

فیلتر نمودن

فیلتر نمودن محلول های آبکاری بدون سیانید چندان الزامی نیست، با این وجود در این محلول های آبکاری نسبت به محلول های سیانید استاندارد امکان زبر شدن پوشش بیشتر است، که دو علت دارد:

۱- در دانسیته های جریان بالا ماهیت پوشش چنانچه غلظت براق کننده در حد مطلوب حفظ نشود، ممکن است آمورف (بی‌شکل) شود.

۲- مشکل پلاریزاسیون آند منجر به بیرون ریختن لجن های آند و شاخی شدن پوشش می شود که در این گونه محلول های معمول تر است.

به منظور زدودن غبار روی مصرفی، برای تصفیه ناخالصی های فلزی در این محلول آبکاری ترجیحاً از روش فیلتراسیون استفاده می شود.

محدوده‌ی آبکاری براق با استفاده از محلول های آبکاری روی بدون سیانید قلیایی

این محدوده کاملاً به افزودنی های خاص استفاده شده بستگی دارد. بدون استفاده از مواد افزودنی پوشش ایجاد شده از محلول آبکاری بدون سیانید قلیایی، پودری آمورف (بی شکل) و سیاه رنگ می شود که کاملاً غیر قابل مصرف خواهد بود. در محلول آبکاری روی بدون سیانید قلیایی، ثابت نگه داشتن غلظت مواد افزودنی در حد توصیه شده، بی نهایت اهمیت دارد. آب کار نباید انتظار داشته باشد که در غلظت کم ببراق کننده مثل محلول های آبکاری سیانید به پوشش های براق دست یابد. غلظت کم براق کننده ها به سرعت باعث سوختگی پوشش در دانسیته جریان متوسط و بالا می شود، زیرا در محلول آبکاری روی بدون سیانید همانند محلول آبکاری کم سیانید سوختگی و براقی با هم مرتبط هستند.

راندمان جریان کاتد

همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، راندمان محلول آبکاری بدون سیانید تابعی از غلظت فلز موجود در آن است. به طوری که غلظت های پایین یعنی حدود ۴ گرم بر لیتر سبب کمتر شدن راندمان نسبت به محلول آبکاری سیانید استاندارد می گردد. در صورتی که اگر غلظت فلز حدوداً ۹ گرم بر لیتر باشد، راندمان این نوع محلول آبکاری بالاتر از محلول های آبکاری استاندارد و کم سیانید خواهد بود.

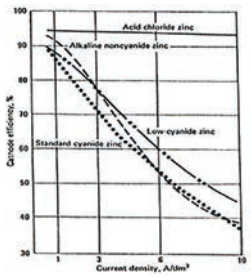
بنابراین اگر یک متخصص آبکار بتواند غلظت فلز موجود را حدود ۹ گرم بر لیتر نگاه دارد، بدون هیچ مشکلی، سرعت پوشش دهی مشابه محلول آبکاری سیانید خواهد بود.

محلول های آبکاری اسیدی

پیشرفت مستمر محلول های آبکاری اسیدی روی بر پایه روی کلرید، تکنولوژی این آبکاری را از اوایل دهه ۱۹۷۰ به سرعت تغییر داد. امروزه محلول های آبکاری اسیدی روی ۴۰ تا ۵۰ درصد کلیه محلول های آبکاری روی در اغلب کشورهای پیشرفته را شامل می شوند و از محلول های آبکاری هستند که سریع‌ترین رشد را در دنیا داشته اند. فرمولاسیون محلول آبکاری روی اسیدی و محدوده کار آن‌ها در جدول (۴) داده شده است. محلول های آبکاری اسیدی روی دارای مزایایی نسبت به سایر محلول ها هستند.

در این محلول های آبکاری عملیات تصفیه و دفع فاضلاب به حداقل رسیده است که تنها شامل خنثی نگاه داشتن محلول در پی اچ ۸/۵ تا ۹ و در صورت نیاز رسوب دادن فلز روی می باشد. همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است محلول های آبکاری روی با راندمان جریان ۹۵ تا ۹۸ درصد عمل می کنند که به خصوص در دانسیته های جریان بالاتر، خیلی بیشتر از محلول های سیانید یا قلیایی می باشند.

در میان محلول های آبکاری روی تنها محلول های آبکاری اسیدی روی شفاف ترین پوشش را تولید می-کنند. قطعات جدن، آهن چکش‌خوار و کربونیتریدی که آبکاری آن‌ها در محلول های آبکاری قلیایی یا سیانید مشکل یا غیر ممکن است، به راحتی می توانند در محلول های آبکاری اسیدی روی پوشش داده شوند.



شکل (۳) : مقایسه راندمان جریان کاتدی در محلول های آبکاری روی براق

محلول های آبکاری اسیدی روی در مقایسه با محلول های سیانید و قلیایی، دارای هدایت خیلی بالاتری هستند که باعث صرفه جویی قابل ملاحظه ای در انرژی می شود. در مقایسه با دیگر محلول های آبکاری روی، محلول های کلرید اسیدی آن به علت راندمان بالای کاتد، شکنندگی ناشی از تصاعد هیدروژن را به حداقل می رسانند.

جنبه های منفی محلول آبکاری کلرید اسیدی

الکترولیت کلرید اسیدی خاصیت خورندگی دارد. تمام تجهیزات مرتبط با آبکری مانند مخازن و سایر قطعات باید با مواد مقاوم در برابر خوردگی پوشش داده شوند.

محلول های روی کلرید اسیدی معمولا به دو صورت عمده مورد استفاده قرار می گیرند، آن‌هایی که بر پایه آمونیم کلرید قرار دارند. ابتدا محلول های آبکاری با پایه آمونیم به وجود آمدند، این محلول ها نسبت به محلول های پتاسیم می توانند در دانسیته جریان بالاتری کار کنند. هر دو این محلول ها برای انحلال براق کننده های اصلی به غلظت بالایی حدود ۴ تا ۶ درصد حجمی معرف های مرطوب کننده نیاز دارند که در محلول آمونیم به راحتی قابل اجرا است و کنترل محلول آبکاری را راحت تر می کند. یون های آمونیم برای فلزاتی نظیر نیکل و مس به عنوان کمپلکس کننده می باشند، بنابراین حذف آن‌ها از فاضلاب ضروری می باشد و این کار نیاز به عملیات پرهزینه کلرینه کردن دارد. این امر باعث پیدایش و توسعه محلول آبکاری پتاسیم

جدول (۴): ترکیب و مشخصات کاری محلول های آبکاری اسیدی کلرید روی

مواد متشکله	محلول آبکاری بشکه ای آمونیاکی شده		محلول آبکاری ثابت آمونیاکی شده	
	مقدار مناسب	گستره مناسب	مقدار مناسب	گستره مناسب
	آماده سازی شده		آماده سازی شده	
کلرید روی (گرم بر لیتر)	۱۸	۱۵ - ۲۵	۳۰	۱۹ - ۵۶

کلرید آمونیوم (گرم بر لیتر)	۱۲۰	۱۰۰ – ۱۵۰	۱۸۰	۱۲۰ – ۲۰۰
کلرید پتاسیم(گرم بر لیتر)	–	–	–	–
کلرید پتاسیم	–	–	–	–
کلرید سدیم	–	–	–	–
اسید بوریک	–	–	–	–
براق کننده حامل (درصد)	۴	۳ – ۵	۳/۵	۳ – ۴
براق کننده اولیه	۰/۲۵	۰/۱–۰/۳	۰/۲۵	۰/۱–۰/۳
پی اچ (pH)	۵/۶	۵/۵ – ۵/۸	۵/۸	۵/۲ – ۶/۲
	آنالیز شده		آنالیز شده	
فلز روی (گرم بر لیتر)	۹	۵/۷ – ۲۵	۱۴/۵	۹ – ۲۷
یون کلرید (گرم بر لیتر)	۹۰	۷۵ – ۱۱۲	۱۳۵	۹۰ – ۱۶۱
اسید بوریک	–	–	–	–
	شرایط کاری			
دما (سانتی گراد)	۲۷	۲۱ – ۳۵	۲۷	۲۵ – ۳۵
دانسیته جریان کاتدی (آمپر بر دسی متر مربع)	–	۲ – ۴	–	۰/۳ – ۱
(ولتاژ (ولت	–	۱ – ۵	–	۴ – ۱۲
مواد متشکله	محلول آبکاری پتاسیم		محلول آبکاری بشکه ای سدیم آمونیوم	
	مقدار مناسب	گستره مناسب	مقدار مناسب	گستره مناسب
	آماده سازی شده		آماده سازی شده	
کلرید روی (گرم بر لیتر)	۷۱	۶۲ – ۸۵	۳۴	۳۱ – ۴۰
کلرید آمونیوم (گرم بر لیتر)	–	–	۳۰	۲۵ – ۳۵
کلرید پتاسیم (گرم بر لیتر)	۲۰۷	۱۸۶ – ۲۵۵	–	–
کلرید سدیم (گرم بر لیتر)	–	–	۱۲۰	۱۰۰ – ۱۴۰
اسید بوریک	۳۴	۳۰ – ۳۸	–	–
براق کننده حامل	۴	۴ – ۵	۴	۳ – ۵
براق کننده اولیه	۰/۲۵	۰/۱ – ۰/۳	۰/۲	۰/۱ – ۰/۳
پی اچ (pH)	۵/۲	۴/۸ -۵/۸	۵	۴/۸ – ۵/۳
	آنالیز شده		آنالیز شده	
(فلز روی (گرم بر لیتر	۳۴	۳۰ – ۴۱	۱۶/۵	۱۵ – ۱۹
(یون کلرید (گرم بر لیتر	۱۳۵	۱۲۰ – ۱۶۵	۱۱۰	۹۳ – ۱۳۰
اسید بوریک	۳۴	۳۰ – ۳۸	–	–
	شرایط کاری			
دما (سانتی گراد)	۲۷	۲۱ – ۳۵	۲۷	۲۵ – ۳۵
دانسیته جریان کاتدی (آمپر بر دسی متر مربع)	–	۲ – ۴	–	۰/۳ – ۱
ولتاژ (ولت)	–	۱ – ۵	–	۴ – ۱۲

* براق کننده های حامل و اولیه به کار گرفته شده در این محلول های آبکاری اختصاصی بوده و توصیه های کارخانه سازنده آن ها باید به دقت رعایت شود. ضمنا مقادیر داده شده جهت نمونه هستند.

کلرید شده است تمام فرآیندهای محلول کلرید اسیدی دارای براق کننده های اختصاصی هستند و ممکن است تا اندازه ای ناسازگاری بین آنها ملاحظه شود، تغییر در یک فرآیند باید بعد از ارزیابی آن در هول سل انجام شود.

محلول های روی کلرید اسیدی که اخیراً در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند به جای پتاسیم کلرید گران قیمت، بر پایه نمک (سدیم کلرید) می باشند. در بسیاری از این محلول ها نمک (سدیم کلرید) جایگزین بخشی از آمونیم سوختگی پوشش در اثر شدت جریان های بالاتر بسیار سریع‌تر انجام می شود. در حال حاضر این محلول ها منحصراً برای آبکاری بشکه ای به کار می روند. با پیشرفت روز افزون تکنولوژی افزودنی ها، در آیندهٔ نزدیک ممکن است این محلول های آبکاری با محلولآبکاری پتاسیم پتاسیم بدون آمونیم که به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند رقابت کنند. تعدادی از حمام های روی با پایه روی سولفات و روی فلویوبرات ایجاد شده اند که کاربرد محدودی داند و اساساً برای آبکاری سریع و پیوسته سیم و نوار معمولی استفاده نمی شوند. جدول (۵) ترکیبات و شرایط کار بعضی محلول های آبکاری سولفات و فلویوبرات را نشان می دهد.

جدول (۵): ترکیب شیمیایی محلول های آبکاری فلویوروبورات و سولفات

مواد متشکله	فلویوروبورات (در دمای محیط و دانسیته جریان ۶۰ آمپر بر دسی متر مربع)	سولفات (در دمای ۵۲ – ۳۰ سانتی گراد و دانسیته جریان ۶۰ آمپر بر دسی متر مربع)
روی	۶۵۰ – ۱۰۵	۱۳۵
روی فلویوروبورات	۳۷۵ – ۲۲۵	–
سولفات روی	–	۳۷۵
فلویوروبورات آمونیوم	۴۵ – ۳۰	–
کلرید آمونیوم	–	۲۲/۵ – ۷/۵
معرف افزودنی	در صورت نیاز	در صورت نیاز
پی اچ (pH)	۴ – ۳/۵	۴ - ۳

پارامترهای بهره برداری از محلول های آبکاری اسیدی روی کلرید

آندها برای محلول آبکاری اسیدی روی کلرید باید دارای درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد روی باشند. در بیشتر محلول ها آندهای روی کروی یا سر صاف در سبدهای تیتانیمی به کار می روند. اگر ولتاژ به کار رفته در یک محلول آبکاری بیشتر از ۸ ولت باشد، نباید از سبد استفاده شود چرا که ممکن است مورد حمله الکترولیت قرار بگیرد. سبدها باید تا سطح محلول از آندهای کروی روی پر شوند.

می توان از آندهای روی شمش برای قلاب های تیتانیم سوراخ و قلاویز شده، استفاده کرد. نواحی از قلاب ها که در معرض محلول قرار دارند، به منظور محافظت باید پوشش داده شوند.

استفاده از کیسه های آند اختیاری است و برای بیشتر آبکاری ها، به خصوص در آبکاری ثابت زبری را به حداقل می رساند. کیسه ها می تواند از جنس پلی پروپلین، دی نل DYNEL و یا نایلون باشد و قبل از آنکه مورد استفاده قرار گیرند باید به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۵ درصد اسید هیدروکلریک که حاوی ۰/۱ درصد از براق کننده مورد استفاده در محلول آبکاری می باشد، قرار داده شوند.

ترکیب شیمیایی

غلظت روی، یون کلرید ، بوریک اسید و پی اچ محلول آبکاری باید کنترل شده و با افزودن مواد شیمیایی خالص مورد نیاز در حد مقادیر توصیه شده ثابت نگاه داشته شوند. جدول (۴) را ببینید.

غلظت خیلی زیاد روی در دانسیته جریان کم موجب تشکیل پوششی ضعیف می شود، در حالی که غلظت های خیلی کم باعث سوختگی پوشش در دانسیته جریان زیاد خواهند شد. غلظت زیاد یون کلرید ممکن است باعث جدا شدن براق کننده شود و غلظت کم آن هدایت محلول را کاهش می دهد.

پی اچ بالا باعث پلاریزاسیون آند و تشکیل رسوب هایی می شود. در حالی که پی اچ خیلی پایین باعث تضعیف آبکاری می شود. کافی نبودن بوریک اسید محدودهٔ آبکاری را کاهش می دهد. غلظت براق کننده ها با افزودن متناوب ثابت نگاه داشته می شوند. از آنجایی که این براق کننده ها اختصاصی هستند، تعیین غلظت ها و کنترل نحوه عمل به عهده تهیه کنندگان می باشد.

هم زدن

برای دستیابی به دانسیته های جریان کاربردی، هم زدن محلول های آبکاری اسیدی کلریدی اجباری است. حتی در آبکاری بشکه ای نیز به جریان انداختن محلول پیشنهاد می شود. در محلول های آبکاری ثابت جریان محلول با کار گذاشتن یک مدخل آبگیری از یک سو و تخلیه آن از فیلتری در انتهای دیگر مخزن آبکاری تأمین می گردد. هم زدن دستی کاتدی برای بسیاری از خطوط آبکاری ثابت مناسب است. برای بیشتر تاسیسات، روش هم زدن با هوا ترجیح داده می شود. جهت تامین هوا برای هم زدن از یک دمندهٔ با فشار کم باید استفاده شود.

کنترل دما

کنترل درجه حرارت در محلول های آبکاری اسیدی روی بسیار مهم تر از محلو ل های آبکاری سیانید روی می باشد. جهت ثابت نگه داشتن دمای محلول آبکاری در حداکثر دمای پیشنهاد شده (معمولاً ۳۵ درجه سانتی گراد) باید آن را به خنک کننده های کمکی مجهز نمود.

کویل های خنک کننده مارپیچی شکل مورد استفاده باید از جنس لوله های تفلون یا با روکش تفلون باشند. در صورتی می توان از کویل های تیتانیم استفاده کرد که از منبع جریان مستقیم جدا نگاه داشته شوند.

بهره برداری از محلول آبکاری اسیدی کلریدی، بالاتر از حداکثر دمای توصیه شده، منجر به کم شدن براقیت پوشش حاصل می شود که معمولاً از دانسیته های جریان کم شروع و به سرعت روی تمام قطعه پیشرفت می کند. همچنین دمای زیاد باعث می شود محلول به نقطه کدر شدن برسد. وقتی که محلول آبکاری

اسیدی گرم می شود به نقطه ای می رسد که افزودنی‌ها شروع به خارج شدن از محلول می کنند و به محلول ظاهری شیری و کدر می دهند، این موضوع باعث می شود که کل محلول آبکاری از حالت تعادل خارج شود. برعکس دماهای پایین (معمولاً زیر ۲۱ درجه سانتی گراد) باعث می شوند بسیاری از مواد محلول آبکاری به صورت کریستال و افزودنی های آلی از محلول خارج شوند. این مسیله باعث زبری پوشش و در موارد خیلی حادتر منجر به ایجاد یک پوشش ازذرات چسبنده هم بر روی قطعه پایه و هم در محلول آبکاری می شود که فیلترها را مسدود کرده و عملیات آبکاری را به طور کامل متوقف می سازد.

راندمان جریان کاتد

راندمان های بالای جریان کاتدی یکی از مهمترین خواص محلول های آبکاری اسیدی کلرید روی می-باشند. متوسط راندمان جریان کاتدی برای این نوع از محلول های آبکاری حدوداً ۹۵ تا ۹۸درصد دانسیته های جریانی است که می توان در آن ها آبکاری را انجام داد. سیستم های دیگر آبکاری روی نمی توانند به چنین بازدهی خوبی در دانسیته های جریان بالا دست پیدا کنند. این بازدهی بالا می تواند در عمل تولید را از ۱۵ تا ۵۰ درصد بیشتر از محلول های آبکاری سیانید افزایش دهد. در آبکاری بشکه ای در مقایسه با محلول های آبکاری سیانید، بارهای بشکه می تواند دو برابر شوند و در نیمی از زمان، پوششی با همان ضخامت به دست آورد.

کنترل پی اچ (pH)

معمولاً کنترل پی اچ محلول های آبکاری اسیدی روی، روزانه انجام می گیرد. تعیین پی اچ با استفاده از پی اچ متر نسبت به استفاده از کاغذ پی اچ ارجحیت دارد. پی اچ یک محلول آبکاری در صورت نیاز با افزودن اسید هیدروکلریک کاهش و با افزودن هیدروکسید پتاسیم یا آمونیم افزایش می یابد.

آلودگی آهن

در تمام محلول های آبکاری اسیدی روی کلرید ، آلودگی آهن یک مشکل متداول است، آهن به سه طریق زیر می تواند وارد محلول آبکاری شود:

- افتادن قطعات به داخل مخزن در حین عملیات آبکاری.
- از اتصال محلول با قطعات در دانسیته های جریان کمتر از محدودهٔ طبیعی مانند قطعات فولادی مربوط به هم زن محلول آبکاری
- از آب شستشوی آلوده که قبل از آبکاری استفاده شده است.

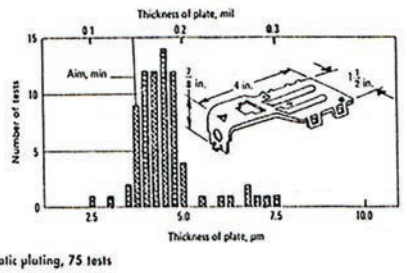
آلودگی آهن موجود در محلول آبکاری معمولاً به صورت پوشش های تیره در دانسیته های جریان بالا ظاهر شده و در آبکاری بشکه ای به صورت لکه های تیره باعث ایجاد سوراخ هایی روی بشکه می شود. غلظت زیاد آهن، محلول آبکاری را قهوه ای و تیره می کند. آهن را می توان به وسیلهٔ اکسیداسیون آهن (آهن II) موجود در محلول آبکاری به هیدروکسید فریک نا محلول (آهن III) به راحتی از محلول های آبکاری اسیدی کلرید زدود. این کار با افزودن روزانه پراکسید هیدروژن غلیظ به محلول آبکاری انجام می-شود. حدوداً ۱۰میلی لیتر از پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به ازای هر ۱۰۰ میلی لیتر از محلول آبکاری باید استفاده شود. پراکسید هیدروژن باید با ۴ تا ۵ قسمت آب، رقیق شده و در سطح محلول پخش شود. سپس هیدروکسید آهن رسوب کرده را باید به وسیله یک فیلتر با قطر حفرات ۱۵ میکرومتر و یا کوچکتر که با خاک دیاتومه و یا کمک فیلتر مشابه پوشید شده است، زدود.

کنترل ضخامت پوشش

تعیین ضخامت پوشش روی برای استفاده در مکان های سر پوشیده یا فضای باز در بخش مرتبط به کاربردهای این مقاله مورد بحث قرار گرفته است. جهت دستیابی به ضخامت مورد نظر، متغییرهای زیادی باید در نظر گرفته شود که هر یک از این متغیرها ممکن است به طور قابل توجهی تغییر کرده و در نتیجه ضخامت را تغییر دهند. نگهداری متغییرها در یک حالت ثابت، تحت شرایط تولید واقعاً غیر ممکن است. بنابراین وقتی که یک متغیر خود به خود تغییر می کند، به منظور حفظ یکنواختی ضخامت پوشش، سایر متغییرها باید همگام با آن تعدیل شوند. در آبکاری اتوماتیک این کار غیر عملی است. بنابراین فرآیند به نحوی تنظیم می شود که تحت شرایط گوناگون پوششی با حداقل ضخامت به دست آید و این دلیل توجیهی برای اختلاف ضخامت پوشش‌هایی است که در آبکاری اتوماتیک قطعات مشابه مشاهده می شود.

تغییرات معمول

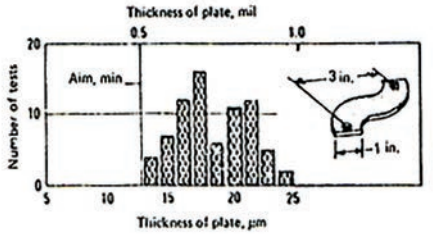
در آبکاری اتوماتیک روی، معمولاً حداقل ضخامت ترجیح داده می شود و توجهی به حداکثر ضخامت های به دست آمده نمی شود و در نتیجه تغییرات ضخامت های حاصله باید بیشتر از حداقل ضخامت مورد نظر باشد. برای مثال همان طور که در شکل (۴) نشان داده شده، طی یک هفته بر روی ۷۵ نمونه به طول ۱۵۵میلی متر و وزن ۴۹ گرم که به طریق آبکاری اتوماتیک دارای پوششی به ضخامت ۳/۸ میکرومتر (حداقل ضخامت مورد نظر) شده است، آزمایش هایی انجام شد. اگر چه ضخامت واقعی پوشش در گستره ای از ۲/۵ تا ۷/۵ میکرومتر قرار داشته است، بیش از ۸۰ درصد از قطعات آزمایش شد که ضخامتی بیش از حداقل ضخامت مورد نظر داشتند.



شکل (۴): تغییرات در ضخامت آبکاری روی حاصل از خط خودکار آبکاری روی سیانیدی

تغییرات ضخامت در آبکاری بشکه ای به میزان قابل توجهی تحت تأثیر شکل، غلتیدن قطعه و دانسیته بار در آبکاری بشکه ای می باشد. قطعاتی که به آسانی می غلتند بیش‌ترین احتمال را برای ایجاد پوشش یکنواخت دارند. همان طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، هدف در آبکاری بشکه ای یک

قطعه به شکل S و به وزن ۰/۱۲ کیلوگرم و قطر ۳ میلی متر به دست آوردن پوششی با ضخامت حداقل ۱۲/۵ میکرومتر بوده است. از ۷۵ قطعه ای که مورد آزمایش قرار گرفت همگی آن‌ها دارای پوششی با ضخامت بیشتر از حد مورد نظر بوده است و حتی تعدادی از این قطعات دارای ضخامتی بیش از ۲۳ میکرومتر بودند.



شکل (۵): تغییرات در ضخامت آبکاری روی حاصل از آبکاری بشکه ای روی سیانیدی

شباهت های بین آبکاری روی و کادمیم

به جز تفاوت های موجود در محلول آبکاری و نیز موجود در جزییات عملیات آبکاری، مانند دانسیته جریان و سرعت های پوشش دهی، آبکاری قلیایی کادمیم و روی اساساً فرایند های مشابهی دارند. استثنا های مربوط به تجهیزات و نحوهٔ کار در زیر شرح داده شده است:

تجهیزات آبکاری

تجهیزات لازم برای آبکاری روی، همان طور که گفته شد مانند آبکاری کادمیم می باشند، به جز در موارد زیر:

- محلول های روی در آبکاری بشکه ای به ولتاژ و شدت جریان بالا نیاز دارند و بنابراین باید با استفاده از خنک کننده هایی با ظرفیت بالا از گرم شدن زیاد آن‌ها جلوگیری شود.
- چون محلول آبکاری سیانید روی مقادیر بیشتری هیدروژن تولید می کند، بنابراین باید جهت جلوگیری از انفجار در طراحی بشکه تدابیر ایمنی در نظر گرفته شود
- برای محلول های آبکاری سیانید، کم سیانید و به خصوص قلیایی بدون سیانید باید از هواکش های مناسب جهت خارج ساختن بخارات سمی و ذرات قلیایی سوزآور استفاده کرد.
- مخازن و بشکه ها که در تماس مستقیم با محلول آبکاری اسیدی روی کلرید هستند باید با مواد مقاوم نسبت به اسید جهت جلوگیری از خوردگی پوشش داده شوند. مواد معمول مورد استفاده در این مورد پلی پروپلین، پلی اتیلن، پلی وینیل کلرید و فایبرگلاس هستند. مخزن هایی با آستر سربی نباید در این سیستم ها به کار روند.

کویل های سرد یا گرم کننده باید از جنس تیتانیم (که هیچ گونه اتصال الکتریکی با مخزن نداشته باشد) و یا از تفلون مقاوم نسبت به دمای بالا باشند.

تردی هیدروژنی فولاد مشکلی اساسی در انواع آبکاری ها سیانید روی است. این فرمول ها را نباید برای قطعات فنری یا دیگر قطعات مستعد برای تردی هیدروژنی به کار برد. قطعات فنری و دیگر قطعات حساس نسبت به تردی هیدروژن باید در الکترولیت اسید کلرید آبکاری شوند. زمانی که هیچ‌گونه شکنندگی یا تردی قابل قبول نیست، استفاده از پوشش مکانیکی روی ترجیح داده می شود.

مراحل فرآیند

زمان لازم برای عملیات های مختلف در مخزن ثابت، بشکه ای و روش های اتوماتیک آبکاری روی برای ضخامت کمتر از mμ ۱۲/۵ در جدول (۶) توصیه شده است.

جدول (۶): زمان لازم برای انجام عملیات های مختلف در انواع آبکاری روی

مراحل فرآیند	زمان لازم برای هر مرحله
آبکاری ثابت دستی	
چربی گیری الکترولیتی	۱ تا ۳ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا۲۰ ثانیه
شستشو با اسید	۳۰ تا ۲ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا ۲۰ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا ۲۰ ثانیه
پوشش روی	۶ تا ۸ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا ۲۰ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا ۲۰ ثانیه
پوشش کروماته	۱۵ تا ۳۰ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۱۰ تا ۲۰ ثانیه
آبکشی با آب گرم	۲۰ تا ۳۰ ثانیه
خشک کردن با هوا	۱ دقیقه
آبکاری بشکه ای دستی	
چربی گیری غوطه وری	۴ دقیقه
چربی گیری الکترولیتی	۴ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱ تا ۲ دقیقه
شستشو با اسید	۲ تا ۳ دقیقه
پوشش روی	۲۰ تا ۳۰ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱ تا ۲ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱ تا ۲ دقیقه
پوشش کروماته	۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۱ تا ۲ دقیقه
آبکشی با آب گرم	۲ تا ۳ دقیقه
خشک کردن توسط سانترفیوژ	۳ تا ۵ دقیقه
آبکاری اتوماتیک بشکه ای	
چربی گیری غوطه وری	۶ دقیقه
چربی گیری الکترولیتی	۳ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه

آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه
شستشو با اسید	۱ دقیقه
غوطه وری جهت خنثی‌سازی	۳ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه
پوشش مس	۳۰ تا ۴۰ دقیقه
شستشو	۲ دقیقه
آبکشی جهت خنثی‌سازی	۲ دقیقه
آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه
غوطه وری در اسید نیتریک	۳۰ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه
کروماته کردن	۳۰ ثانیه
آبکشی با آب سرد	۲ دقیقه
آبکشی با آب گرم	۲ دقیقه
خشک کردن توسط سانترفیوژ	۳ دقیقه

کاربردها

زمانی که در حضور رطوبت، روی در تماس با آهن و یا فلزاتی قرار می گیرد که جایگاه آن ها در سری الکتروشیمیایی در زیر فلز روی است، به یک عامل محافظ و قربانی شونده تبدیل می شود. زمانی که الکترولیت از هدایت بالایی برخوردار است، مانند محیط های دریایی و زمانی که نسبت سطح روی به فلز دیگر کم باشد حمله به روی شدیدترین حالت را دارد.

ضخامت پوشش

عمر (دوام) پوشش روی در هوا به طور تقریبی متناسب با ضخامت پوشش آن است. سرعت خوردگی در نواحی صنعتی بیش‌ترین، در محیط های دریایی متوسط و در نواحی روستایی حداقل مقدار است. خوردگی پوشش روی در اثر شبنم و مه های مکرر افزایش می یابد، به ویژه اگر این مجاورت به نحوی باشد که تبخیر به کندی صورت گیرد. جدول (۷) عمر تخمینی پوشش های آبکاری شده روی بر روی فولاد و بدون محافظ را با ضخامت های مختلف در شرایط مختلف جوی نشان می دهد. ضخامت پوشش اکثر قطعات آبکاری شده با روی حدود ۱۲/۵ – ۷/۵ میکرومتر است. کاربرد های معمول ضخامت های بیشتر یا کمتر از حد متداول ۱۲/۵ – ۷/۵ میکرومتر در جدول (۸) داده شده است.

جدول (۷): متوسط عمر تخمینی سرویس دهی پوشش های روی بدون محافظ در فضای سرباز

شرایط	ضخامت پوشش (میکرومتر)	عمر سرویس دهی (سال)
مناطق خوش آب و هوا	۵	۳
	۱۳	۷
	۲۵	۱۴
	۳۸	۲۶
	۵۰	۳۰
مناطق معتدل بحری	۵	۱
	۱۳	۳
	۲۵	۷
	۳۸	۱۰
	۵۰	۱۳
مناطق صنعتی بحری	۵	۱
	۱۳	۲
	۲۵	۴
	۳۸	۷
	۵۰	۹
خدمات صنعتی	۵	۰/۵
	۱۳	۱
	۲۵	۳
	۳۸	۴
	۵۰	۶

جدول (۸): کاربرد پوشش های آبکاری شده روی با ضخامت های مختلف

کاربرد	ضخامت پوشش (میکرومتر)
زیرسیگاری اتومبیل (a)	۵ -۷
قفس پرندگان (b)	۵
Electrical outlet boxes (c)	۴ -۱۳
Tacks	۵
Rivets بیش از ۱۳ mμ (۵/۰ mil) روی (d)	۵
لوله های e (Conduit)	۳۰
اتصالات لوله ها	۲۵

(a) پس از آبکاری کرو ماته شده است.
(b) پس از آبکاری کرو ماته شده است. بعضی قطعات رنگ و لاک زده می شوند.
(c) پس از آبکاری کرو ماته براق شده است.
(d) پس از آبکاری کرو ماته شفاف یا رنگی شده است.
(e) پس از آبکاری در محلول HNO_3 ۰/۵ درصد با کرو مات غوطه ور شده است.

پوشش های مکمل

از آنجایی که در محیط های صنعتی و دریایی خوردگی بسیار سریع است، قطعاتی که بر روی آن ها پوشش روی آبکاری شده

است باید به مدت چندین سال دوام بیاورند. به این دلیل معمولاً این قطعات به وسیلهٔ یک پوشش مکمل محافظت می شوند. فولاد با روکش روی به ضخامت ۵ میکرومتر اغلب رنگ می-شود تا یک سیستم پوششی مناسب برای استفاده در فضای باز ایجاد شود. برای اطمینان از چسبندگی مناسب رنگ به پوشش روی آبکاری شده، پس از آبکاری قطعه پایه، عملیاتی مانند فسفاته کردن و یا کروماته کردن بر روی پوشش روی آبکاری شده انجام می گیرد. از آنجایی که در فضاهای سر پوشیده غیر آلوده، خوردگی روی خیلی کم است، جهت محافظت بدنه فولادی کابینت هایی که در فضای سر پوشیده قرار داند (برای مدت بیش از ۲۰ سال) یک روکش به ضخامت ۵ میکرومتر توصیه می شود. اگر تبرد روی قطعات سردتر داخلی ساختمان صورت بگیرد، آلودگی های جوی، خوردگی روی را تسریع می کنند و ممکن است پوشش روی با ضخامت ۱۲/۵ میکرومتر در طول ۱۰ سال یا کمتر از بین برود. معمولاً در چنین شرایطی بر روی فولاد با پوشش آبکاری شده روی از یک پوشش رنگ جهت محافظت استفاده می-شود. چرخ دنده ها و دندانه ها و دیگر قطعات ماشین آلات می توانند با روی با ضخامت ۳/۸ تا ۶/۳ میکرومتر پوشش داده شوند. جهت به تعویق انداخت خوردگی ناشی از تبرید دوره ای (متناوب) مانند آنچه در انبارهایی که در معرض حرارت نیستند رخ می دهد، پوشش های کروماته رنگی یا شفاف بیش ترین کاربرد جهانی را برای قطعات آبکاری شده با روی و در فضای سر پوشیده و باز دارند. (روکش های) کروماته، لکه های ناشی از اثر انگشت را به حداقل می رسانند و در مقایسه با پوشش روی بدون روکش به سطح قطعه پایه ظاهری بسیار پایدارتر و بادوام تر می بخشند.

محدودیت ها

فولاد با پوشش آبکاری شده روی برای تجهیزاتی که به طور مرتب در تماس با محلول های آبی هستند، به کار نمی رود. همچنین به علت اثرات خطرناک روی بر سلامتی، روی نباید در تماس با غذاها و نوشابه ها قرار گیرد. اگر چه در عدم حضور رطوبت، روی می تواند در دماهای عادی در تماس با گازهایی از قبیل دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد مورد استفاده قرار گیرد، اما نسبت به اغلب محلول های شیمیایی و مواد شیمیایی مربوط به صنایع نفتی و دارویی مقاومت کمتری دارد.

چفت و بست ها

جهت جلوگیری از خوردگی و حفظ شکل ظاهری چفت و بست های فولادی از قبیل پیچ ها، مهره ها، تسمه ها و واشرها، اغلب آنها را آبکاری می کنند. اگر تنها هدف محافظت در مقابل خوردگی جوی باشد، آبکاری پوشش روی اقتصادی ترین نوع پوشش فلزی محسوب می شود. برای کاربرد در فضای سر پوشیده و در غیاب تبرید و رطوبت مداوم، پوشش روی با ضخامت ۷/۵ – ۵ میکرومتر برای ۲۰ سال یا بیشتر از قطعات محافظت می کند.

جهت به تعویق انداختن خوردگی ناشی از تبرید ها، به منظور آماده سازی بیشتر ظاهر سطح و نیز جلوگیری از ماندن اثرات انگشت، از پوشش های کرومات استفاده می شود. در مناطق صنعتی و محیط هایی که میزان تبرید زیاد است مانند درون ساختمان هایی که حرارت نمی بینند، خوردگی سطوح شتاب می گیرد. لذا سطح پوشش آبکاری شده باید فسفاته شود و یک لایه رنگ نیز بر روی آن ایجاد شود تا عمر سرویس دهی آن بیش از پوشش روی آبکاری شده بدون رنگ شود.

از پیچ های آبکاری شده با روی نباید برای پیچ و مهره کردن قطعاتی استفاده شود که قرار است در درون دریا به کار گرفته شوند. به دلیل وجود مقاومت دیمانسیونی در اکثر قطعات داری برجستگی مثل پیچ، مهره، تسمه و ...، استفاده از پوشش آبکاری شده روی با ضخامت بیش از ۷/۵ میکرومتر توصیه نمی شود. به منظور جلوگیری از استفاده پوشش های ضخیم تر از حد مجاز و توصیه شده، محدودیت های ابعادی قطعه پایه باید در نظر گرفته شود.

در صورتی که هدف از استفاده از پوشش های ضخیم تر، افزایش مقاومت به خوردگی آن باشد، باید چفت و بست هایی به کار گرفته شوند که مقاومت لازم برای ایجاد این نوع پوشش های ضخیم را داشته باشند. اگر این کار عملی نباشد، فسفاته کردن پوشش روی آبکاری شده قبل از سوار کردن قطعات و سپس رنگ کردن قطعه، عمر سرویس دهی آن را افزایش خواهد داد. عمر تقریبی پوشش هایی به ضخامت ۵ میکرومتر که عملیات خاصی بر روی آن ها انجام نشده است، در جدول (۷) آورده شده است.

شکل ظاهری

شکل ظاهری پوشش روی آبکاری شده بر اساس ترکیب محلول آبکاری، دانسیته جریان الکتریکی، استفاده یا عدم استفاده از براق کننده ها و نیز عملیات های که بعد از آبکاری استفاده شده در گستره وسیعی تغییر می کند. پوشش روی آبکاری شده براق و نقره ای است. پوشش روی حاصل از محلول های آبکاری هیدروکلریک اسید در ابتدا به صورتی غیر قابل تشخیص مشابه پوشش نیکل کروم براق است.

معمولاً پس از ایجاد پوشش روی آبکاری شده بر روی یک قطعه، باید آن را کروماته کرد تا هم شکل ظاهری پوشش حفظ شود و هم این که عمر قطعه آبکاری شده افزایش یابد. هزینه کروماته کردن به قدری پایین است که استفاده از آن همگانی شده است.

در حال حاضر پوشش های براق روی برای کالاهای ارزان قیمت مانند اسباب بازی های کودکان، قفس پرندگان، دوچرخه ها و ابزارآلات به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً قفسه های درون یخچال دارای یک پوشش روی براق، که ابتدا کروماته شده و سپس رنگ زده شده اند، می باشند. در مورد این قفسه ها بدون وجود لایه لاک، حتی با وجود کروماته کردن پوشش روی براق نیز، در هنگام استفاده پوشش روی به سرعت کدر می شود.

پوشش روی براق لاک خورده جانشین خوبی برای پوشش نیکل – کروم، زمانی که پوششی براق با طول عمر زیاد مدنظر باشد، نخواهد بود. غالباً از پوشش روی آبکاری شده به منظور ایجاد مقاومت در برابر خوردگی استفاده می شود که در این صورت براق کننده های موجود در محلول آبکاری عاملی اصلی محسوب نمی شوند.

منابع

نشریه صنعت آبکاری شماره های هشت، نه، ده

آشنایی با اجزای تشکیل دهنده وان آبکاری نیکل درخشان (الکترولیت واتس) ، مشکلات و رفع آن ها

زنده یاد مهندس
مشکین پوش

در سال ۱۹۱۶ واتس این فرمول را برای برای آبکاری نیکل ارایه کرد که پس از مدت کمی در زمره متداول ترین آبکاری ها در آمد . اجزای آن به شرح ذیل می باشد:

۱ـ نیکل سولفات : مهم ترین تامین کننده یون نیکل در الکترولیت واتز است مقدار آن در حد ۳۱۰ ـ ۲۵۰ گرم در لیتر مطلوب است.

۲ـ نیکل کلراید : به عنوان نمک هادی به کمک یون کلراید نقش موثری در بازدهی یا کارآیی آندی و انحلال آن ایفا می‌کند. حد مطلوب آن ۶۰ـ۵۰ گرم در لیتر است (معادل ۱۷/۵ـ۱۵ گرم در لیتر یون کلراید)

۳ـبوریک اسید: در تثبیت pH الکترولیت نقش مهمی ایفا می‌کند مقدار آن درحد ۴۰ گرم در لیتر مطلوب است.

۴ـ ترکننده ها : یا عوامل برطرف کننده حفره و حباب (اصطلاحاً کفی‌ها)مواد تانسیواکتیوی هستند که از تشکیل حفره و حباب در سطح لایه نیکل درخشان جلوگیری می‌کنند.

۵- عوامل درخشان‌ساز (اصطلاحاً براقی‌ها) : مجموعه‌ای از ترکیبات آلی هستند که در الکترولیت نیکل نقش درخشان سازی توأم با انعطاف پذیری (که بنابر اشتیاه مشهور نرمی خوانده می‌شود) و همسطح یا یکنواخت کنندگی لایه نیکل را برعهده دارند و در دو گروه قرار می‌گیرند :

الف ـ توزیع کنندگان یا حاملان درخشندگی که به آن ها « درخشان‌سازهای اولیه» و یا «درخشان‌سازهای درجه یک نیز اطلاق می‌شود.

ب درخشان ساز ها که به آن ها درخشان ساز های ثانویه ویا درخشان ساز های درجه دوم نیز اطلاق می شود.

کارآیی الکترولیت واتس

کارآیی این الکترولیت بسیار خوب است و می تواند تا حدود ۱۰۰ درصد باشد . عوامل زیر در کارایی الکترولیت نیکل درخشان موثرند:

ـدرجه حرارت : حد مطلوب ۶۵ ـ ۵۰ درجه سانتیگراد
ـ چگالی جریان : حدمطلوب ـ ۷ ـ ۵ آمپر بر دسی‌متر مربع
ـ مقدار نیکل فلزی در الکترولیت : حدمطلوب ۷۵ـ۶۵ گرم در لیتر
ـ مقدار یون کلراید الکترولیت: حد مطلوب ۱۷ـ۱۳ گرم در لیتر
ـ pH : حد مطلوب ۴ـ۳/۵
ـ حرکت کاتد : حد مطلوب ۴ـ۲ متر در دقیقه (با بهم زدن الکترولیت هوا)
ـعوامل درخشان‌سازی : توجه نکردن به دستورالعمل‌های کاربرد درخشان‌سازها می‌تواند کارآیی را شدیداً تحت تاثیر قرار دهد.
ـ ناخالصی‌ها : ناخالصی‌ها نیز می‌توانند در کارآیی الکترولیت نیکل درخشان موثر واقع شوند.

نقش ناخالصی‌ها در آبکاری نیکل درخشان

ناخالصی‌های معدنی و آلی، هر دو در الکترولیت‌های نیکل درخشان دردسرزا و مشکل آفرینند و لایه نیکل را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این ناخالصی‌ها باید شناسایی و از الکترولیت حذف شوند.

الف ـ ناخالصی‌ها معدنی: شامل فلزات (کاتیون ها) و غیر فلزات (آنیون ها) که مهم ترین آن ها به شرح زیر می‌باشند:

۱- فلز روی : افزایش بیش از ۰/۰۱ گرم در لیتر روی در الکترولیت نیکل در نواحی جریان های ضعیف منجر به تشکیل لایه تیره ـ سیاه می‌شود و در غلظت‌های بالاتر به صورت رگه‌های سیاه در پوشش نیکل ظاهر می‌گردد که با شکنندگی لایه نیکل و کاهش مقاومت آن در مقابل عوامل خوردگی همراه است.

۲ - مس : مقدار مس در الکترولیت نیکل درخشان وقتی از حد ۰/۰۲ گرم در لیتر تجاوز کند در نواحی جریان های ضعیف لایه نیکل به صورت خاکستری سیاه ظاهر می‌شود که با شکنندگی لایه و زبری در لبه‌ها همراه است.

۳- آهن : از محتمل‌ترین و معمول‌ترین ناخالصی‌های فلزی در الکترولیت نیکل است. ناخالصی آهن، با توجه به میزان آن به صورت تیرگی در داخل گودی ها، ایجاد زبری و حفره و حالت شکنندگی در لایه نیکل و کاهش مقاومت آن در مقابل عوامل خوردگی ظاهر می‌شود.
مقدار آهن در الکترولیت نیکل در هر حال نباید از ۰/۱۵ گرم در لیتر تجاوز کند.

۴-کروم : وجود ناخالصی کروم شش ظرفیتی در الکترولیت نیکل از جمله بدترین آلودگی های فلزیست که اثر آن مستقیماً متوجه کارآیی الکترولیت و کاهش قدرت پرتاب آن است به نحوی که در غلظت ۰/۱ گرم در لیتر تقریباً لایه نیکل تشکیل نمی‌شود. غلظت کروم ۶ ظرفیتی در وان نیکل نباید از ۰/۰۱ گرم در لیتر تجاوز کند.

۵- آلومینیوم : این ناخالصی در الکترولیت در نواحی جریان های ضعیف تا متوسط لایه ابری ضعیف، شبیه حالت مه، ایجاد می‌کند که در نواحی جریان های قوی به توده متراکم‌تری تبدیل می‌شود که گهگاه با وجود حفره‌هایی در سطح لایه نیکل همراه است. مقدار آلومینیوم در الکترولیت نیکل نباید از ۰/۰۶ گرم در لیتر تجاوز کند.

۶-کلسیم : این ناخالصی به صورت کلسیم سولفات در سطح لایه نیکل حالت زبری ایجاد می‌کند.

۷-سرب : در نواحی جریان های ضعیف به صورت لایه خاکستری ـ سیاه ظاهر و در مقادیر بیشتر موجب شکنندگی لایه نیکل می‌شود. مقدار سرب در الکترولیت نیکل نباید از ۰/۰۰۲ گرم در لیتر تجاوز کند.

۸- آرسنیک و کادمیوم : وجود این دو فلز به صورت ناخالصی در وان نیکل بسیار کم محتمل است ولی آثار آن ها در لایه نیکل شباهت بسیار زیادی به ناخالصی روی دارد.

۹- آمونیوم : به صورت نمک های آمونیوم در الکترولیت نیکل درخشان شکنندگی لایه نیکل را افزایش داده موجب ظهور لکه‌های سفید متمایل به شیری در سطح لایه می‌شود در غلظت های بالاتر بلورهای آمونیوم نیکل سولفات تشکیل می‌شود که سبب زبری لایه نیکل می‌شوند.

۱۰-سدیم و پتاسیم : در الکترولیت‌های نیکل درخشان با کارآیی بالا توصیه می‌شود که مقدار این دو فلز از حد معینی (معمولاً ۵ گرم در لیتر) تجاوز نکند. وجود این دو فلز در الکترولیت اگر چه برخی اوقات در سطح لایه نیکل درخشان لکه‌های سفید خاکستری ایجاد می‌کند ولی معمولاً آثار ظاهری آشکاری ندارد. تاثیر مامطلوب این دو فلز کاهش مقاومت لایه در مقابل عوامل خوردگی است.

۱۱ـ نیترات ها : اثر ناخالصی نیترات‌ها در الکترولیت‌های نیکل درخشان، مشابه اثر کروم شش ظرفیتی، باکاهش کارآیی و قدرت پرتای الکترولیت و شکنندگی شدید لایه نیکل همراه است.

۱۲ـ سیلیکات ها : در مقادیر کم تخلخل‌های بسیار ریز و لکه‌ها و رگه‌های شیری رنگی در سطح لایه نیکل به وجود می‌آورد.

۱۳ـ فسفات ها : سبب تشکیل لایه نیکل خال خالی یا با لکه‌های سفید و یا برخی اوقات پودری سفید رنگ می‌شود. مقدار فسفات ها در الکترولیت نیکل نباید از ۱ گرم در لیتر تجاوز نماید.

ب ـ ناخالصی‌های آلی : از عمده عوامل ایجاد مشکل در این الکترولیت هستند. آثار نامطلوب این ناخالصی‌های گسترده و کاملاً متفاوت است. برخی از این آثار عبارتند از :

ـ کاهش ویژگی انعطاف‌پذیری لایه نیکل یا به عبارت دیگر افزایش شکنندگی لایه نیکل (که بنابر غلط مصطلح نرمی خوانده می‌شود).
ـ کاهش قدرت همسطح کنندگی لایه
ـ ایجاد حفره در لایه نیکل
ـ زبری سطح لایه
ـ ایجاد حالت پوست پرتقالی در سطح لایه
ـ کاهش کارآیی و قدرت پرتاب الکترولیت
ـ کاهش ویژگی کرم پذیری سطح لایه نیکل
ـ ورقه شدن لایه نیکل

ـافزایش میزان مصرف عوامل درخشان سازی (براقی‌ها) و سایر افزودنی‌های ضروری در الکترولیت نیکل .

عوامل ایجاد ناخالصی‌های آلی

برخی از مهم ترین این عوامل عبارتند از :

۱ـ مصرف بیش از حد افزودنی‌های آلی

مقدار مواد درخشان‌ساز یا براقی‌ها باید در حد مجاز و مطابق با دستورالعمل‌ها باشد. افزایش بیش از حد لزوم و مجازآن ها ، مشکلات زیادی را به وجود می‌آورد.

۲-مواد تجزیه شده آلی در الکترولیت

مواد حاصل از تجزیه افزودنی‌ها عموماً موجب حفره‌دار شدن لایه نیکل و برخی اوقات کاهش ویژگی کرم پذیری سطحی لایه مزبور می‌شوند ضمن اینکه اصولاً تجمع این مواد سبب کاهش تاثیر عوامل درخشان‌سازی و قدرت همسطح کنندگی آن ها می‌گردد.

۳-کپک‌ها

برخی از افزودنی‌های آلی ضرروی به الکترولیت‌های نیکل محیط مناسبی برای تشکیل و رشد کپک‌هاهستند کپک‌ها عموماً موجب زبری سطح لایه نیکل را فراهم می‌کنند.

۴ـ روغن و گریس

وجود روغن و گریس در الکترولیت نیکل سبب ایجاد حالت پوست پرتقالی شدید در سطح لایه نیکل می‌شود.

تصفیه و خالص سازی

با توجه به تنوع و تعدد ناخالصی، روش های خالص سازی و تصفیه نیز متنوع و متفاوت است ولی اصولاً تمام روش‌ها باید دارای ویژگی‌های زیر باشند :

۱ـ بتوانند ناخالصی را از الکترولیت حذف و در نهایت آن را تصفیه کنند.
۲ـ ناخالصی‌های دیگری در الکترولیت وارد نکنند.
۳ـ اجزای الکترولیت نیکل و افزودنی‌های موجود در آن را از لحاظ کیفی و کمی تحت تاثیر قرار ندهند.
۴ـ از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر باشد .

روش های تصفیه

۱ـ تصفیه با دستگاه های صافی مخصوص (فیلتر)

استفاده دایمی از فیلتر در آبکاری های نیکل درخشان برای حذف ذرات پراکنده بسیار ضرروری است. فیلتر مناسب در آبکاری نیکل درخشان باید بتواند کل حجم وان را حداقل هر ۲ ساعت یک بار تصفیه کند.

۲ـخالص سازی الکترولیت نیکل با استفاده از روش الکترولیز با چگالی جریان ضعیف

اساس این روش مبتنی است بر حذف ناخالصی‌ها به وسیله الکترولیز با جریان ها و چگالی ضعیف. در این روش بسیاری از ناخالصی‌های فلزی و آلی حذف شده مقدار افزودنی‌ها

۳ـ روش خالص‌سازی به وسیله کربن فعال (کربن اکتیو)

در این روش ناخالصی به وسیله سطوح به وسیله سطوح داخلی گسترده کربن فعال، که به ۱۵۰۰ ـ ۵۰۰ مترمربع برای هرگوم می‌رسد، جذب می‌شوند. با این روش روغن،گریس، مواد حاصل از تجزیه افزودنی‌های آلی و سایر ناخالصی‌های آلی از الکترولیت نیکل حذف می‌شوند.

آبکاری برنج

سعیده بختیار
کارشناس ارشد مهندسی متالورژی

آبکاری برنج یکی از رایج‌ترین فرآیندهای آبکاری است به طوری که از مس و روی خالص گرفته تا آلیاژهای مربوطه را می‌توان پوشش آب برنج داد. آلیاژهای متشکل از ۸۰ درصد روی و ۲۰ درصد مس با نام تجاری برنج سفید، تمام آلیاژهای رنگی مس و روی را که حاوی ۶۰ درصد یا بیشتر می‌باشد، شامل می‌شود. به همین دلیل آلیاژهای برنج رنگ های متنوعی دارند ترکیب ۷۰ درصد مس و ۳۰ درصد روی ، زرد رنگ و۸۰ درصد مس و۲۰درصد روی به رنگ زرد تند می‌باشد، رنگ آلیاژ محتوی ۸۵ درصد مس و ۱۵ درصد روی برنزی روشن و ۹۰ درصد مس با ۱۰ درصد روی برنزی تیره است در حالی که رنگ واقعی مس در آلیاژی با ترکیب ۹۵ درصد مس و ۵ درصد روی دیده می‌شود. به هر حال تمام این نوع آلیاژها را می‌توان آبکاری نمود. این آلیاژها از نوع برنج فاز آلفا بوده و پوشش انعطاف‌پذیر ایجاد می‌کنند که برحسب ترکیب درصد و خواص، رنگ های متفاوتی به وجود می‌آورد.

از آبکاری برنج در بسیاری از موارد، به طور وسیعی استفاده می‌کنند. در کارهای تزیینی به خصوص مفتول سیمی، لایه‌ای بسیار نازک برای نیکل براق یا سایر آبکاری‌های براق را می‌توان بکار برد. با آبکاری نیکل می‌توان سطحی بسیار ظریف و پایه‌ای صاف و براق ایجاد نمود و سپس برروی آن آبکاری برنج را با ظاهری براق در مدت ۲۰ ثانیه تایک دقیقه انجام داد. آبکاری برنج با رنگ زرد، ۸۵ درصد مس و ۱۵ درصد روی تا ۹۰ درصد مس و ۱۰ درصد روی ـ بیشترین کاربرد را در مواردی نظیر قاب عکس، لوازم لوکس تزیینی و ادوات سخت‌افزاری دارد. انواع آبکاری برنج را می‌توان با روش بارل (گردان) هم انجام داد. موارد کاربرد آبکاری برنج در مهندسی بسیار زیاد است مثلاً در عملیات کشش ورق های فولادی، به عنوان روان کننده سطح و همچنین بهترین حالت چسبندگی را بین لاستیک و فولاد، ارایه می دهد. با اعمال پوشش برنج به سیم‌های فولادی بالاترین چسبندگی بین لاستیک و سیم پوشش یافته به وجود می‌آید که کنترل نوع آلیاژ در میزان چسبندگی سیم‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. اغلب مقدار مس مصرفی بین ۶۵ تا ۷۰ درصد است. این فرآیند برای تولید لوله‌های لاستیکی مسلح شده به سیم‌های بافته نیز به کار می‌رود. آبکاری برنج را با هر ضخامتی بنا بر نیاز مورد مصرف، می‌توان اعمال نمود.

انواع وان های برنج

محلول های تجارتی مصرفی در وان های آبکاری برنج، بر پایه سیانید، بیشترین کاربرد را دارند. محلول های بدون سیانید به دلیل عدم پایداری لازم، مشکلاتی زیادی داشته و استفاده محدودی دارد. اجزای اصلی سازنده وان آبکاری برنج سیانوری عبارتند از سیانید سدیم یا پتاسیم ـ سیانید مس و سیانید روی، همچنین در این الکترولیت از آمونیاک (که عمداً افزوده می‌شود و یا از تجزیه سیانور حاصل می‌شود) و کربنات نیز استفاده می‌شود.

همچنین از کربنات سدیم، به عنوان تنظیم کننده pH استفاده شده در غیر این صورت رنگ یکنواخت نخواهد بود. مخلوطی از کربنات سدیم و بی کربنات به عنوان تامپون در محدوده pH حدود ۱۰ به کار می‌رود.

در جدول شماره ۱ ترکیب وان و شرایط عملیات در الکترولیت های مختلف آبکاری ارایه شده است .

غلظت مس در محلول الکترولیت اغلب بین ۱۵ و ۳۰ گرم در لیتر است. مس در الکترولیت به صورت کمپلکس سیانوری $Na_2Cu(CN)_3$ حضور دارد. مقدار روی موجود در وان اغلب بین ۴ تا ۱۰ گرم در لیتر است. فلز روی به صورت تعادلی در ترکیب کمپلکس سیانور $Na_2Zn(CN)_4$ و کمپلکس قلیایی زینکات Na_2ZnO_2 در محلول حضور دارند. مقدار سیانور بایستی تحت کنترل باشد اصطلاح سیانور آزاد در آبکاری برنج عبارت است از مقادیر اضافی سیانور موجود در کمپلکس مس که آن را با روش های ساده تجزیه، می‌توان تعیین نمود. عامل مهم دیگر در کنترل رنگ و ترکیب آلیاژ، نسبت سیانور به فلز روی است در نسبت های کمتر تنها کمپلکس سیانور تشکیل می‌شود که در پوشش زرد آلیاژهای برنج بکار می‌رود. اندکی سیانور اضافی به منظور جلوگیری از تشکیل نمک های نامحلول مس و روی برآند و برای انحلال محلول آندی موثر می‌باشد. چنانچه مقدار سیانور زیاد باشد باعث تشکیل بیشتر آلیاژهای مس و کاهش راند مان می‌گردد. تا آنجا که عملیات آبکاری به طور کامل متوقف می‌شود. آلیاژهای ۸۵ درصد مس و ۱۵ درصد روی و یا ۹۰ درصد و مس و ۱۰ درصد روی، نیاز به دقت کافی در ایجاد توازن در نسبت سیانور به روی دارد. چرا که کوچکترین تغییر در آلیاژ موجب تفاوت در رنگ خواهد شد.

بازده

در آبکاری برنج مقدار مس موجود در وان باید کنترل شود. در مقادیر بالایی از مس، بازده افزایش می‌یابد. تنظیم نسبت سیانور به روی نیز در کنترل بازده، اهمیت دارد به طوری که در نسبت‌های بالاتر، بازده افت می‌کند. متغیر مهم دیگر درجه حرارت می‌باشد. برای مثال در محلول های رقیق آبکاری بازده در ۳۵ و دو برابر دمای ۲۴ درجه سانتی گراد است.

آمونیاک

یکی از اجزای اساسی در محلول های آبکاری برنج است. آمونیاک ترکیب درصد روی را در لایه آلیاژی حاصل از آبکاری افزایش می‌دهد. مقادیر زیاد آن رگه‌های سفید رنگ فلز روی را بر سطح قطعه ایجاد می‌کند.

محلول تازه تهیه شده نیاز به افزودن ۰/۵ تا ۰/۲۵ درصد محلول آمونیاک داشته و هنگامی که الکترولیت در دمای بالا کار می‌کند آمونیاک بیشتری لازم است. انجام عملیات در دمای پایین‌تر از ۳۵ درجه سانتی گراد ، افزودن آمونیاک را به تناوب در دوره‌های زمانی کوتاه تر ایجاب می‌کند.

کربنات

مقدار آن در محدوده ۵ تا ۳۰ گرم در لیتر است و بیش از این مقدار، تولید ناخالصی می‌کند. حین کار مقدار آن همراه قطعات از محلول خارج و خود به خود از نظر مقدار کربنات به تعادل می‌رسد. در شرایطی که حد حلالیت به بیش از ۱۵۰ گرم در لیتر برسد با مشکل جدید روبه‌رو خواهیم شد. بهترین راه حذف مزاحمت، سرد کردن محلول و برداشتن بلورهای تشکیل شده می‌باشد.

جدول ۱ : ترکیب وان و شرایط عملیات در الکترولیت های مختلف آبکاری برنج

نوع	گرم بر لیتر سیانید سدیم	گرم بر لیتر سیانید پتاسیم	گرم بر لیتر سیانید مس	گرم بر لیتر فلز مس	گرم بر لیتر سیانید روی	گرم بر لیتر فلز روی	گرم بر لیتر کربنات سدیم	گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم	گرم بر لیتر هیدروکسید پتاسیم	درصد محلول آمونیاک	درصد مواد افزودنی	دما (°C)	pH	دانسیته جریان آمپر بر دسی متر مربع
آبکاری برنج برای لایه نازک به صورت رک(آویز) یا ثابت	۳۶	–	۲۶	۱۸	۱۱	۶	۱۰	–	–	۰/۵	–	۳۲	۱۰	۳-۰
آبکاری برنج بشکه) ای (انبوه	۶۰	–	۳۶	۲۶	۱۴	۸	۱۰	–	–	۰/۵	–	۳۲	۱۰	۲-۰
آبکاری برنج با سرعت بالا	۶۰	–	۳۶	۲۵	۱۴	۸	۱۰	–	–	–	۱	۷۰	۱۰	۷-۰
آبکاری برنج با سرعت بالا و قلیاییت زیاد برای آبکاری نوار فلزی	۱۲۰	–	۹۰	۶۳	۷	۴	–	۶۵	–	–	–	۸۲	–	۱۶-۳
آبکاری برنج با سرعت بالا و قلیاییت زیاد برای مقاصد عمومی	۱۲۵	–	۷۵	۵۳	۵	۳	–	۴۵	–	–	۶	۷۰	–	۸-۱
آبکاری برنج با قلیاییت زیاد برای ایجاد رنگ طلایی (حاوی مس زیاد	–	۱۱۰	۴۲	۳۰	۵	۲/۵	–	–	۲۲	–	۱۱	۴۵	–	۵-۰/۵
آبکاری برنج برای ایجاد رنگ طلایی (حاوی مس زیاد	۷۰	–	۴۲	۳۰	۷	۴	۱۰	–	–	۰/۱	۱	۴۰	۱۰	۲-۰

کنترل pH

کنترل pH اهمیت بسزایی دارد و متداول آن بین ۹/۸ تا ۱۰/۳ می‌باشد. pH بالاتر نقاطی از قطعه را به رنگ سرخ در می‌آورند. باید سعی کرد که میزان pH در محدوده ایده‌آل حفظ شود. برای بالا بردن pH از هیدروکسید سدیم و برای پایین آوردن آن از بی کربنات سدیم استفاده می‌شود.

مواد افزودنی

در محلول های آبکاری برنج، در صورت کنترل دقیق ترکیب این مواد می‌توان لایه‌های مناسب و به طور کامل براق با ضخامت ۲/۵ میکرون را بر فلزات پایه روکش داد.

دانسیته‌های جریان

بالاتر از ۲ آمپر بر دسی‌مترمربع براحتی امکان‌پذیر است با دانسیته کم در حدود ۰/۱ آمپربر دسی متر مربع رنگ پوشش یکسان خواهد بود. در صورتی که، هنگام کار با دانسیته جریان بالا، آبکاری به خوبی انجام گیرد، پایداری محلول وان را باید کنترل نمود.

ناخالصی‌ها

سرب و قلع حتی در غلظت های بسیار اندک باعث ایجاد سرخی می‌شود. بروز ناخالصی در وان، معمولاً از طریق آندها می‌باشد. در دانسیته‌های پایین جریان کروم شش ظرفیتی باعث تیره و تار شدن لایه ترسیب یافته می‌شود. مقادیر فراوان آن، باعث توقف کامل فرآیند آبکاری می‌گردد. اغلب عامل اصلی ورود کرم ، آویزها و یا خود قطعات هستند. آلودگی‌های آلی مثل صابون ها، ضایعات پرداخت کاری، مواد تر کننده و دیگر ناخالصی‌ها ممکن است باعث ظهور لکه قهوه‌ای رنگ برروی لایه آبکاری شود. این ناخالصی‌ها را می‌توان با استفاده از کربن فعال شده در عملیات پیوسته یا صاف کردن با کربن فعال، برطرف نمود.

آندها

آندها بایستی تقریباً همان آلیاژ مورد نظر برای روکش سطح قطعات باشند. برای برنج زرد ۷۰ درصد مس و ۳۰ درصد روی پیشنهاد می‌شود. آندها ممکن است گلوله‌ای مدور یا حلزونی شکل و یا دیگر اشکال در سبدهایی از جنس فولاد یا تیتانیم باشند. آندها میله‌ای نیز استفاده می‌شود. درصد خلوص، اساساً بایستی کمتر از ۰/۰۱ درصد سرب یا کمتر از ۰/۰۲ درصد برای کل فلزات باشد.

تجهیزات

برای ساخت وان، کویل و فیلتر بایستی فولاد مناسب و استاندارد انتخاب نمود. برای مخازن پلاستیکی یا لاستیکی حتی کویل ها روکش از جنس فولاد تیتانیم ترجیح داده می‌شود.
زیرا آهن سبب تشکیل فروسیانید می‌شود که به صورت فروسیانور روی رسوب می‌نماید که خود موجب ایجاد لجن خاکستر رنگی می‌شود. ساختمان فیلترها را نیز می‌توان از پلاستیک انتخاب کرد.

آبکاری با سرعت زیاد

در حدود سال ۱۹۳۸ محلول های آبکاری برنج با درجه قلیایی زیاد توسعه پیدا کرد و به بازار عرضه شد. از این محلول در دمای بالاتر و یا غلظت‌های زیاد نسبت به محلول های سیانوری مرسوم در آن زمان استفاده می‌شد که باعث بالا رفتن بازده و افزایش سرعت فرآیند آبکاری می‌شدند. در اصل محلول های سیانید پتاسیم و بعدها نمک های سدیم را استفاده می‌کردند.
در دانسیته پایین جریان، بکارگیری افزودنی ، رنگ لایه را به سرخی متمایل کرده و رنگ آلیاژها را به مانند محلول های متداول آبکاری برنج غیر قابل کنترل می‌گرداند. بیشتر اطلاعات مربوط به آبکاری معمول برنج برای حمام‌های آبکاری با سرعت بالا نیز قابل استفاده هستند و آمونیاک نقش مهمی در عملیات این نوع محلول ندارد زیرا به غیر از درجات قلیایی بالا و دمای زیاد، آمونیاک با همان سرعت تشکیل از بین می‌رود.
به هر حال در نظرگرفتن مقادیری از آمونیاک افزوده که به دفعات مصرف می‌شود یا استفاده از افزودنی‌هایی که پایدار هستند برای رسیدن به نتایج خوب و رنگ یکنواخت، الزامی می‌باشد.

منابع

۱-Engineering handbook

۲-نشریه صنعت آبکاری شماره یازده

هوالباقی

جناب آقای مهندس جمشید قربان نژاد

درگذشت برادر گرامیتان را خدمت جنابعالی و خانواده محترم تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای شما صبر و برای ایشان علو درجات خواستاریم

نشریه صنعت آبکاری

آب و تاثیر کیفیت آن بر روی آبکاری

مهندس محسن محمد علی

آب از عناصر اصلی مورد استفاده در فرایند آبکاری می باشد که در مراحل مختلف آن، از شروع تا پایان مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه در واحدهای آبکاری در مورد کیفیت مواد مورد استفاده در فرایند آبکاری حساسیت زیادی وجود دارد، معمولاً توجه چندانی به اثر ناخالصی های موجود در آب مورد استفاده در فرایند آبکاری بر روی کیفیت آبکاری نمی شود. این در حالی است که درجه خلوص آب مصرفی می تواند بر روی میزان چسبندگی پوشش آبکاری شده به قطعه پایه، براقی پوشش آبکاری شده، یکنواختی و صافی پوشش آبکاری شده و ایجاد لکه بر روی پوشش آبکاری مؤثر باشد.

آب مورد استفاده در آبکاری، از منابع مختلفی شامل رودخانه ها، چشمه ها، منابع زیر زمینی و یا آب تصفیه شده شهری تأمین می گردد. بدیهی است که از این میان بهترین نوع آب جهت آبکاری آب تصفیه شده شهری است.

از آب در یک واحد آبکاری جهت موارد زیر استفاده می شود:

- شستشوی قطعات پایه قبل از آبکاری
- تهیه و ساخت محلول های آبکاری
- اضافه کردن به محلول های آبکاری در حین انجام فرایند آبکاری، به منظور جایگزین کردن آب از دست رفته در محلول آبکاری به واسطه تبخیر شدن و یا بیرون ریختن از وان آبکاری
- شستشویی نهایی قطعات پایه آبکاری شده

آبی که برای تهیه محلول آبکاری مورد استفاده قرار می گیرد، باید از حداکثر درجه خلوص برخوردار باشد. جدول (۱) اثر ناخالصی های آلی و معدنی موجود در آب مورد استفاده در تهیه محلول آبکاری را بر روی کیفیت پوشش آبکاری شده نشان می دهد.

آبی که جایگزین آب تبخیر شده و یا آب بیرون ریخته شده از وان آبکاری می شود نیز باید از حداکثر درجه خلوص برخوردار باشد. چرا که در اثر تبخیر شدن خود به خود غلظت ناخالصی های موجود در محلول آبکاری افزایش می یابد، لذا آب اضافه شده خود نباید ناخالصی داشته باشد.

کیفیت آب مورد استفاده جهت شستشوی آخر قطعه آبکاری شده نیز مهم است. چرا که وجود ناخالصی ها در این آب می تواند منجر به ظهور لکه ها بر روی پوشش آبکاری شده گردد.

از سوی دیگر اگر قرار باشد تا پس از انجام آبکاری یک پوشش دیگر مثل لاک نیز بر روی پوشش آبکاری شده ایجاد گردد، درجه خلوص آب مورد استفاده جهت شستشوی نهایی قطعه کار می تواند بر روی چسبندگی و کیفیت این پوشش دوم نیز تأثیر داشته باشد. البته لازم به ذکر است که درجه خلوص آب مورد استفاده جهت شستشوی قطعه کار بعد از چربی گیری و اسید کاری از اهمیت چندانی برخوردار نیست.

ناخالصی های موجود در آب

ناخالصی های معدنی

این ناخالصی ها به صورت آنیون ها وکاتیون ها در آب حضور دارند. دو کاتیونی که معمولاً در آب وجود داشته و باعث افزایش سختی آب می شوند، یون های کلسیم و منیزیم هستند. وجود یون هایی مانند بی کربنات، کربنات و هیدروکسید سبب افزایش پی اچ آب و در نتیجه بازی شدن آب می شوند. از جمله دیگر ترکیبات یونی موجود در آب می توان به دی اکسید کربن و سیلیکا اشاره کرد که البته به میزان کمی در آب حضور دارند. توجه داشته باشید زمانی که قرار باشد از آب جهت تهیه محلول های آبکاری با دمای بالا استفاده شود، وجود سیلیکا در آب اهمیت پیدا می کند چرا که سیلیکا در محلول های داغ مانند یون های کلسیم و منیزیم عمل کرده و پوسته ای ایجاد می کند که حذف آن از محلول آبکاری کار سختی خواهد بود.

جدول ۱ : اثر ناخالصی های موجود در آب بر روی کیفیت پوشش های آبکاری حاصل از محلول های آبکاری مختلف

نوع محلول آبکاری	زبری	تخلخل	رگه ای شدن	کاهش قدرت پرتاب	تردی	وجود تنش در پوشش	کاهش راندمان	ماتی	تیرگی	غیر فعال شدن آند	سوختگی در پوشش
کادمیوم (سیانوری)	Ca							O_2			
کرّم			Fe	Na				Cl			
مس (اسیدی)			Cl		Fe & O_2					Cl	
مس (سیانوری)	Ca	O_2						O_2			
مس (پیروفسفات)	Ca	O2		O_2	O_2			O_2			
سرب (فلوئوروبرات)	SO_4								O_2		
نیکل (الکترولس)	Fe & O_2	O2						O_2			
نیکل (سولفامات)		O2	Fe & O_2			Na					
نیکل (واتس)	Ca	O2	Fe & O_2			Na					
نقره (سیانوری)	Ca & O_2		O_2								
قلع (اسیدی)								Cl & Fe			
قلع–سرب فلوئوروبرات	SO_4								O_2		
روی (کلریدی)	Fe						Fe				Fe
روی (سیانوری)	Ca		O_2								

جدول۲: ناخالصی های محلول در آب

کاتیون ها	$K^+, Na^+, Mg^{+2}, Ca^{+2}$
آنیون ها	$OH^-, CO_3^{-2}, HCO^{-3}, SO^{2-}_4, Cl^-$
ترکیبات کم محلول	CO_2 & SiO_2

ناخالصی های آلی

ناخالصی های آلی موجود در آب نیز اثر منفی بر روی خواص پوشش آبکاری شده دارند. میزان ناخالصی های آلی موجود در آب با توجه به نوع منبع آب متفاوت هستند. منابع زیر زمینی شامل مقدار کمی ناخالصی های آلی هستند. اِین در حالی است که آب های سطحی مثل رودخانه ها معمولاً حاوی میزان بیشتری از ناخالصی های آلی هستند.

برای تشخیص این که میزان ناخالصی های موجود در آب برای استفاده در فرایند آبکاری قابل قبول است یا نه، روش بسیار ساده ای وجود دارد. به این ترتیب که ۵ لیتر از آب مورد نظر را آن قدر تبخیر کنید تا حجم آن به ۱۰۰ میلی لیتر کاهش یابد. حالا یک بار آب مورد نظر و بار دیگر آب تبخیر شده را در یک هال سل مورد استفاده قرار دهیم. اگر پنل های حاصل از هال سل در این دو آزمایش از کیفیت قابل قبول و یکسانی برخوردار بودند، آب مورد نظر جهت انجام آبکاری مورد قبول است.

روش های تصفیه آب

برای تصفیه آب از ناخالصی های معدنی می توان از روش های تقطیر و نیز دستگاه های مبادله کننده یون استفاده کرد. با استفاده از دستگاه های مبادله کننده یون می توان آبی با مقاوت ۱۰۰۰۰۰۰ – ۲۵۰۰۰۰ اهم در سانتی متر تهیه کرد که مقدار الکترولیت های موجود در این آب در حدود ۲ قسمت در میلیون است. البته در دستگاه های مبادله کننده یونی پیشرفته، امکان مخلوط نمودن رزین های آنیونی و کاتیونی در یک ستون وجود دارد که به این ترتیب امکان تهیه آبی با بالاترین درجه خلوص یعنی ۰/۲ قسمت در میلیون را تهیه کرد. جدول (۳) میزان خلوص آب تصفیه شده با روش های مختلف را نشان می دهد.

جدول ۳: درجه خلوص آب حاصل از روش های مختلف تصفیه

روش تصفیه	درجه خلوص (بر حسب میزان مقاوت الکتریکی) اهم در سانتی متر
آب بعد از ۲۸ بار تقطیر در کوارتز	۲۳۰۰۰۰۰۰
اب بعد از سه بار تقطیر در شیشه	۱۰۰۰۰۰۰
آب بعد از یک بار تقطیر در شیشه	۲۵۰۰۰۰ – ۵۰۰۰۰۰
آب حاصل از تصفیه در سیستم های مخلوط رزینی	۱۸۰۰۰۰۰۰
آب حاصل از تصفیه در سیستم های چند مرحله ای رزینی	۲۵۰۰۰۰ – ۱۰۰۰۰۰۰

آشنایی با انواع آند نیکل

امید عطایی
کارشناس ارشد شیمی فیزیک

نیکل و فرآورده های آن (سولفات نیکل،کلرور نیکل،...) از اقلام اساسی مورد نیاز واحد های آبکاری می باشد. به دلیل گران قیمت بودن این فلز مقدار مصرف آن برای پوشش دادن یک قطعه نقش مهمی در قیمت تمام شده کالا خواهد داشت. بنابراین استفاده بهینه ازآن به افزایش بهره وری واحد ها کمک شایانی خواهد نمود.

این امر نیاز به اطلاعات بیشتر راجع به انواع آندهای موجود وکاربرد آن ها و همچنین شرایط مناسب بهره وری از وان ها را ضروری می سازد. مطلب حاضر بحثی است پیرامون انواع آندهای موجود و کاربرد آن ها، در اینجا سعی شده است که به زبانی ساده توضیحاتی نسبتا کاملی در این مورد داده شود.

در آبکاری نیکل از فلز نیکل به عنوان آند استفاده می شود. در اثر عبور جریان آند نیکل تبدیل به یون نیکل گردیده و جایگزین یون های نیکلی که در کاتد (قطعه مورد پوشش) نشسته اند می شود در صورتی این فرایند به راحتی و بدون مزاحمت ادامه می یابد که آند دارای مشخصات خاصی باشد.یک آند ایده ال باید دارای خصوصیات زیر باشد.

۱- به صورت کاملا یکنواخت حل شود.
۲- هیچ گونه ناخالصی وارد محلول نکند.
۳- هیچ گونه لجنی ایجاد نکند.
۴- برای بسیاری از محلول ها با غلظت و ترکیب متفاوت قابل استفاده باشد.
۵- در دانسیته جریان های مختلف عمل کند.
۶- پلاریزاسیون آن کم باشد.

راندمان عملی حل شدن نیکل در محلول های حاوی کلراید ۱۰۰ درصد می باشد یعنی به ازای هر آمپر ساعت ۱/۰۹۵ گرم نیکل در وان حل می شود چون راندمان حل شدن آند بیش از راندمان نشست کاتدی می باشد.(زیرا همیشه در کاتد مقداری یون هیدروژن نیز به اتم هیدروژن تبدیل می گردد) غلظت یون نیکل و همچنین pH در طول عمل به آرامی افزایش می یابد. ساده ترین راه استفاده آز آند عبارت از قرار دادن آن در یک کیسه پارچه ای (از جنس پنبه یا پلی پروپیلن) و قلاب کردن آن به آند می باشد. علت استفاده از کیسه های پارچه ای، چلوگیری از وارد شدن ناخالصی های موجود در آند به محلول که باعث زبری کار می گردند می باشد.

تا قبل از سال ۱۹۶۰ آند فقط به صورت تخت تولید می شد و طبیعتا واحد های آبکاری از این استفاده می کردند. در سال ۱۹۶۰ با ساخته شدن سبد های تیتانیومی انقلابی در تولید ومصرف آند نیکل ایجاد شد و آندهایی با خصوصیات بهتر تولید شدند. بسیاری از واحدها استفاده از آند تخت را کنار گذاشتند هر چند که هنوز هم بعضی از این نوع استفاده می کنند.

انواع آند ها و مشخصات آن ها

به طور کلی آندهای نیکل به دو دسته تقسیم می شوند:
۱-آندهای فعال نشده
۲-آندهای فعال شده

آندهای فعال نشده

اختلاف اساسی این آند با نوع فعال شده در میزان پایین بودن اکتیویته (فعال بودن) آن ها در محلول های متفاوت می باشد اصولا این آند ها در محلول سخت تر حل می شوند و احتمال غیر فعال شدن آن ها زیاد است. به عبارت دیگر امکان پلاریزه شدن آن ها بیشتر است. این حالت باعث می شود که در مواردی که کلرید محلول کم باشد آند به صورت حفره حفره خورده شده و در نهایت به صورت اسفنج (سنگ پا) در می آید و در این حالت محلول داخل وان، دانه های برآمده در روی آند را از زیر خورده وباعث بی مصرف شدن و در نهایت لجن شدن قسمتی از آند می گردد.

انواع آند های فعال نشده

۱- آند نیکل تخت strips nickel electrolytic

کسانی که تمایلی به استفاده از سبد های تیتانیومی ندارند از این نوع آند استفاده می کنند به دلیل فعال نبودن این آند ها حالت اسفنجی در آن ها بسیار مشهود است. اکثر واحد های ابکاری در ایران از این نوع آند استفاده می کنند.

آنالیز شیمیایی:

Nickel plus cobalt ۹۹,۹۹ Cobalt ۰,۰۴۸ Sulfur ۰,۰۰۰۲ Copper ۰,۰۰۰۸ Arsenic ۰,۰۰۰۹ Carbon ۰,۰۰۲ Lead ۰,۰۰۰۴ Iron ۰,۰۰۰۴ Zinc ۰,۰۰۰۱

۲- آند نیکل مکعبی با خلوص بالا electrolytic nickel squares

درجه خلوص این آند ها بالاست آن ها را در سبد های تیتانیومی ریخته و مورد استفاده قرار می دهند. به دلیل اینکه این آندها فعال نیستند در صورتی که کلر محلول پایین بوده و pH آن بالاتر از ۲ باشد پلاریزاسیون اتفاق افتاده وآند به صورت اسفنجی در می آید.

این امر در نهایت منجر به حالت پل شدن bridging می گردد و نیز باعث غیر فعال شدن آند و خورده شدن سبد تیتانیومی می شود علاوه بر این آزاد شدن گاز اکسیژن وکلر در آند مواد آلی موجود در محلول وان از جمله براقی ها و... به سرعت از بین رفته و کیسه پارچه ای آند هم صدمه می بیند.

آنالیز شیمیایی :

Nickel plus cobalt ۹۹,۹۹ Cobalt ۰,۰۴۸ Sulfur ۰,۰۰۰۲ Copper ۰,۰۰۸ Arsenic ۰,۰۰۰۹ Carbon ۰,۰۰۲ Lead ۰,۰۰۰۴ Iron ۰,۰۰۰۴ Zinc ۰,۰۰۰۱

۳- آند نیکل دکمه ای R-rounds electrolytic nickel

این نوع آند به صورت دگمه هایی با قطر حدود ۲۵ و ضخامت حدود ۹میلیمتربوده و از نظر درجه خلوص مانند آند های لقمه ای با خلوص بالاست. به دلیل نداشتن گوشه های تیز وراحتی حمل و نقل این نوع آند در مقایسه با سایر آند ها از این خانواده (فعال نشده) بهترین می باشد.

آنالیز شیمیایی :

Ni* >۹۹,۹۰ Co <۰,۰۸ Cu <۰,۰۰۰۹ C <۰,۰۰۳۵ Fe <۰,۰۰۰۲ S <۰,۰۰۰۲ As <۰,۰۰۲ Pb <۰,۰۰۰۳ Zn <۰,۰۰۰۲

۴-آند پولکی nickel flats

این آند به صورت پولک هایی با قطر۱۷ تا ۲۰ و ضخامت ۲ تا۳ میلیمتر می باشد درجه خلوص آن بالاست. حالت پل شدن در این آند ها به دلیل شکل مخصوص خود اتفاق نمی افتد واز این نظر این آند ها به نوع چهارگوش برتری دارند.

آنالیز شیمیایی :

Nickel >۹۹,۹۸ Sulfur ۰,۰۰۰۳ Cobalt <۰,۰۰۰۰۵ Copper ۰,۰۰۰۱ Iron ۰,۰۰۶ Zinc <۰,۰۰۰۵ Carbon ۰,۰۰۸ Lead <۰,۰۰۰۰۲

۵- نیکل ساچمه ای nickel pellets

این آند ها کروی بوده وقطر آن ها از ۹,۵میلیمتر بیشتر است.نیکل ساچمه ای مانند سایر نیکل های فعال نشده در محلول هایی که مقدار کلر آن ها کافی نباشد به راحتی حل نمی شود.

آند های فعال شده

اصولا آند هایی هستند که در هنگام تولید مقدار معینی گوگرد به آن ها افزوده می شود واین امر باعث فعال شدن آن ها می گردد. به طود کلی این آندها نسبت به آند های فعال نشده دارای مزیت های زیر می باشند.

a- در pH های مختلف وحتی ۵,۵ کاملا فعال می باشند.
b- در محلول هایی که فاقد یون کلر می باشند تا دانسیته جریان (آندی) ۴۰ A /dm۲ کاملا فعال هستند.

c- در محلول هایی که دارای یون کلر می باشند تا دانسیته A/dm۲ ۵۰ قابل استفاده هستند این دانسیته جریان حداقل ۱۰ آمپر بالاتر از حالتی است که از آندهای فعال نشده استفاده می شود.

d- در محلول های مختلف از جمله محلول وان های براق و آن هایی که از سولفات نیکل استفاده می شود به طوریکسان حل می شوند.
e- شکل گرد وخوردگی یکنواخت آن ها باعث می شود که حالت پل شدن bridging که منجر به خوردگی سبد های تیتانیومی می شود به وجود نیاید.

f- به دلیل اینکه ۹۹,۹ درصد این آند ها در محلول الکترولیت حل می شوند کاملا اقتصادی هستند.

g- در دانسیته جریان یکسان نیاز به ولتاژ کمتری دارند در نتیجه در مصرف الکتریسیته صرفه جویی می شود. در عمل ثابت شده است که می توان از دانسیته جریان بالاتر (تا۲۵ درصد) بدون اینکه مشکلی ایجاد شود استفاده نمود.

h- در صورتی که محلول مس وجود داشته باشد (به صورت ناخالصی) جایگزین نیکل موجود در سولفید نیکل (لجن) می گردد. در نتیجه محلول تصفیه می شود. در بعضی موارد دیده شده است که لجن دارای ۴۵ درصد سولفید مس است.

انواع آند فعال شده

۱- آند نیکل دکمه ای گوگرد دار S-Round electrolytic nickel

این نوع آند ها شکل دگمه را داشته و قطر آن ها تقریبا ۲۵ و ضخامت آن ها حدود ۶ میلیمتر می باشد.در حال حاضر این نوع آند بیشترین مصرف رادر سطح دنیا دارد.

آنالیز شیمیایی :

Ni* >۹۹,۹۰ Co <۰,۰۶۵ Cu <۰,۰۰۰۸ C <۰,۰۰۳۵ Fe <۰,۰۰۰۳ S ~۰,۰۲۵-۰,۰۱۹ As <۰,۰۰۱۵ Pb <۰,۰۰۰۳ Zn <۰,۰۰۰۲

۲- نیکل ساچمه ای گوگرددار S-Nickel pellets

ابعاد ساچمه بین ۶ تا۱۲ میلیمتر بوده و وزن هر لیتر آن ۶ کیلوگرم می باشد.

آنالیز شیمیایی :

Nickel >۹۹,۹۶ Sulfur ۰,۰۲۶ Cobalt <۰,۰۰۰۰۵ Copper ۰,۰۰۰۱ Iron ۰,۰۰۰۶ Zinc <۰,۰۰۰۰۵ Carbon ۰,۰۰۰۵ Lead <۰,۰۰۰۲

منبع

نشریه شماره یک صنعت آبکاری

فرم اشتراک مجله صنعت آبکاری

نام: نام خانوادگی: تاریخ تولد: / /
آخرین مدرک تحصیلی: رشته تحصیلی:
نشانی کامل پستی:
کدپستی: صندوق پستی:
تلفن: تلفن همراه: نمابر:
ایمیل:
نوع اشتراک: شخصی ☐ سازمانی ☐ تعداد نسخه‌های مورد نیاز: ☐
آیا مشترک شماره‌های قبل بوده‌اید: بله ☐ خیر ☐
شماره اشتراک قبلی:
بدین‌وسیله مبلغ ریال طی فیش بانکی شماره تاریخ
بانک صادرات ، حساب سپهر، شماره ۰۳۲۶۸۵۸۲۸۷۰۰۱ به نام نشریه صنعت آبکاری پرداخت شد.

شغل:
سمت:
نام موسسه: دولتی ☐ نیمه دولتی ☐ خصوصی ☐

در کدام یک از زمینه های زیر مایلید با مجله همکاری نمایید:
تالیف ☐ ترجمه ☐ سایر ☐ نام ببرید:

برای اشتراک در فصلنامه صنعت آبکاری به موارد ذیل توجه فرمایید:

- بهای اشتراک یک‌ساله ۱۶۰۰۰۰ ریال است.
- هزینه پست سفارشی ۱۴۰۰۰۰ ریال برای یکسال است.
- کپی فرم اشتراک نیز قابل قبول است.
- شماره شبا حساب ۰۱ ۲۸۷۰ ۶۸۵۸ ۰۰۳۲ ۰۰۰۰ ۰۱۹۰ IR۲۱ می باشد .
- خواهشمند است تغییر آدرس خود را در اولین فرصت به صورت کتبی اعلام فرمایید.

- فرم اشتراک را پس از تکمیل همراه با تصویر رسید بانکی حق اشتراک از طریق نمابر ارسال نمایید، در غیر اینصورت به نشانی تهران، صندوق پستی ۱۴۴۷-۱۵۸۱۵ پست نمایید..
- برای کسب اطلاعات بیشتر با تلفن ۴۴۳۸۳۲۴۰ و یا نمابر ۴۴۳۸۳۲۴۰ تماس حاصل فرمایید.

Electroplating Industry Magazine

QUARTERLY

۲۰th year/No ۸۵/Autumn۲۰۱۷

Publisher & License Holder & Managing Editor & Editor in chief :
A. H. Seifi

Deputy Editor:
F. Palizban

Contributors This Issue:
Sh. khameneh asl,E. Rostami, H. Seifi, P. Samadi,
M.R Farzin nia, S.Yusefi ,O.Ataee

Coordination & Page Designer:
S. Bakhtiar

Advertising:
M. Barati, Fatemeh Zoghi

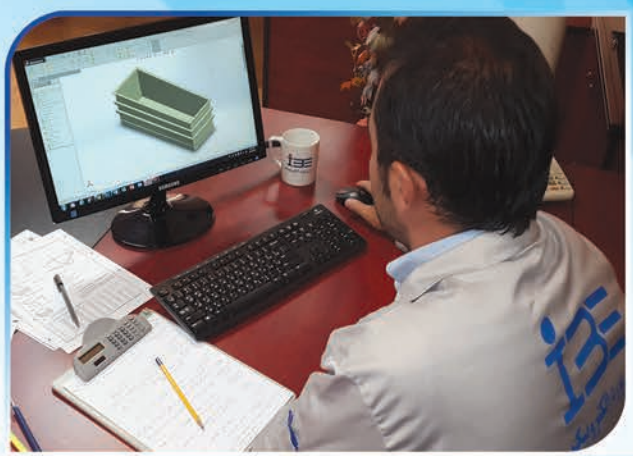
Task of Subscribe to the magazine:
M. Barati

Office Address:
Apt. No. ۹۸۰, Kish Bld, Satar khan St, Tehran, Iran.
P.O.Box: ۱۱۳۴۸۳۷۴۸۶
Tel: +۹۸ – ۲۱۴۴۳۸۳۲۴۰
Tel: +۹۸ – ۲۱۴۴۳۸۳۲۴۰

Web sites:
www.iranplating.com
E-mail:
Ieic_ir@yahoo.com

ایران بورد الکترونیک اولین سازنده وان های PP در ایران

ایران بورد الکترونیک



طراحی و ساخت انواع وان ها با استفاده از مواد اولیه شرکت **SIMONA** آلمان مطابق با استاندارد DVS 2205

ساخت **بزرگترین** وان پلی پروپیلن(PP) با ظرفیت ۲۰ هزار لیتر برای **اولین بار** در ایران

تهران – خیابان شهید رجائی – بین کمربندی آزادگان و خیابان ستاره – انتهای کوچه قیرسازی – خیابان طباطبائی – پلاک ۱۲

تلفن : ۴-۵۵۰۳۲۱۳۳ و ۵۵۰۳۲۱۴۴ فاکس: ۵۵۰۲۷۴۵۹ info@ibe-co.com www.ibe-co.com

hendor

Quality Pumps & Filters

Made in Netherland

شرکت هندور هلند با بیش از ۶۵ سال سابقه ، ارائه کننده انواع پمپ ها و فیلترهای آبکاری با بالاترین سطح تکنولوژی

- دارای پمپ مگنتیک از جنس PP و PVDF
- ظرفیت فیلتراسیون بالا تا ۳۵ هزار لیتر در ساعت
- دارای خدمات پس از فروش

■ فیلتر با پمپ عمودی قدرتمند از جنس PP و PVDF در ابعاد و سایز های مختلف، دارای دوام بی نظیر و عاری از هرگونه مشکل هواگیری یا نشت محلول

■ فیلتر با پمپ افقی مگنتیک از جنس PP و PVDF در ابعاد و سایز های مختلف، دارای دوام بی نظیر

محصول با کیفیت برای مشتریان با کیفیت

برخی مشتریان مهم :

Fokker ROLEX swatch MONT BLANC

IBE
Iran Board Electronic
شرکت ایران بورد الکترونیک ارائه کننده ی دانش فنی ، مواد اولیه و تجهیزات آبکاری

MAZURCZAK
THERMOPROZESSE

Made in Germany

شرکت مزورزاک آلمان با بیش از۸۰ سال سابقه ، تولید کننده بهترین تجهیزات گرمایشی و سیستم کنترل دما و سطح محلول ها با بالاترین دوام ، کارایی و ایمنی

- ارائه انواع هیترهای سرامیکی ، تفلون ، استیل ، تیتانیوم ، کوارتز
- انواع ترموستات ، کنترلر دما ، کنترلر سطح محلول ها
- مناسب برای هر نوع کاربرد در اشکال گوناگون و قابل استفاده در انواع محلول های آبکاری

■ گرمکن های میله ای با غلاف استیل،تیتانیم،تفلون،کوارتز

■ کنترل کننده های سطح مایعات

■ گرمکن تفلون

محاسبه و طراحی سیستم های گرمایش و کنترل دما با استفاده از نرم افزار اختصاصی مزورزاک

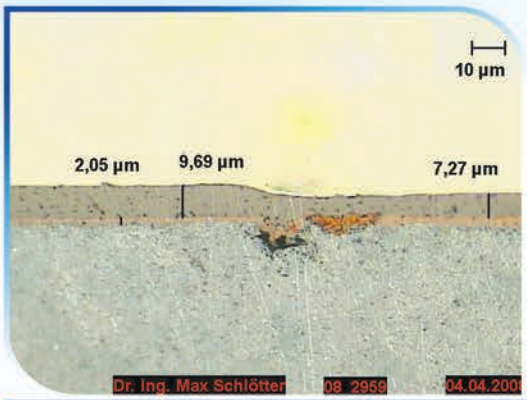
طراحان حرفه ای و بهترین سازندگان خطوط و تجهیزات آبکاری در دنیا

فقط از محصولات مزورزاک در خطوط آبکاری خود استفاده می کنند

Iran Board Electronic
شرکت ایران بورد الکترونیک ارائه کننده ی دانش فنی ، مواد اولیه و تجهیزات آبکاری

ایران بورد الکترونیک
Iran Board Electronic

شرکت ایران بورد الکترونیک با استفاده از پیشرفته ترین تجهیزات و با همکاری کارشناسان مجرب آلمانی ، آماده ارائه انواع خدمات مشاوره ای و آزمایشگاهی می باشد



انجام آزمونهای متالورژیکی از قبیل متالوگرافی، سختی سنجی و چسبندگی پوشش

آنالیز محلولهای تمامی پروسه های رایج در آبکاری و ارائه راهکارهای عملی جهت برطرف نمودن عیوب آنها

انجام بازدید های دوره ای جهت بررسی، کنترل کیفی و آموزش فرآیندهای آبکاری

آبکاری قطعات در خطوط پایلوت با هدف امکان سنجی راه اندازی خطوط و صرفه جویی در وقت و هزینه مشتری

Email: info@ibe-co.com

Website: www.ibe-co.com

PROCESS AUTOMATION INTERNATIONAL LIMITED

www.palhk.com

Kamtress Automation Systems

www.kamtress.com

شرکت PAL با بیش از ۵۰ سال سابقه و ساخت بیش از ۲۰۰۰ خط ، بزرگترین طراح و سازنده ی خطوط آبکاری در دنیا با بالاترین سطح تکنولوژی و استفاده از تجهیزات مرغوب

شرکت Kamtress هند ، همکار اصلی گروه PAL با تجربه ساخت بیش از ۱۵۰ خط اتوماتیک و اجرای پروژه های موفق در خدمت صنایع آبکاری ایران

PAL تنها شرکت در دنیا با توانایی ساخت ۱۰ خط بطور همزمان و امکان تست کامل ، قبل از نصب در محل

برخی مشتریان مهم :

Rolls-Royce · MOTOROLA · SAMSUNG · SIEMENS

HILTI · intel · SUZUKI · BOSCH

PHILIPS · PARKER · FEDERAL MOGUL · hansgrohe

IBE
Iran Board Electronic
شرکت ایران بورد الکترونیک ارائه کننده ی دانش فنی ، مواد اولیه و تجهیزات آبکاری

شرکت نیکاب شیمی

تولید کننده مواد شیمیایی و تجهیزات آبکاری

- ✔ تولید کننده مواد شیمیایی آبکاری، چربیگیر و فسفاته‌های صنعتی
- ✔ مشاوره و راه‌اندازی خطوط دستی، نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک آبکاری
- ✔ مشـــاوره، طراحی و راه‌اندازی خطوط تصفیه پساب آبکاری
- ✔ ارائه دوره‌های کوتاه مدت آموزش فنی و تخصصی آبکاری

www.nikabchemie.com
info@nikabchemie.com

دفتر مرکزی: تهران، جنت آباد جنوبی، پایین‌تر از میدان چهار باغ، شماره ۱۴۸، واحد ۴۴ تلفکس: ۴۹ ۸۱۰۰ ۶۶
تلفن: ۷۹۴ ۴۰ ۴۶۰ ، ۵۹ ۸۲ ۹۵ ۶۶
کارخانه: شـــهرک صنعتی ایوانکی، خیابان کوشش ۵ شماره ۶۱۸ تلفن: ۳ - ۵۲ ۴۳ ۵۸ ۳۴ (۰۲۳)

CADEN +98 21 88423727-9

SEPEHR AFROOZ CHEMI

سپهر افروز شیمی

Design By jamal shoraka

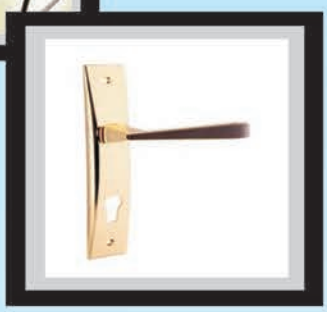
تولید کننده:

انواع بازدارنده خوردگی و رسوب گذاری برای سیستم‌های
اسمز معکوس، برج‌های خنک کننده و دیگ‌های بخار
انواع بیوساید (زیست کش‌ها)
افزودنیهای آبکاری نیکل، گالوانیزه، قلع و مس
انواع کروماته‌ها و چربی‌گیرهای صنعتی
فسفاته های روی، آهن و منگنز
وارد کننده مواد آبکاری سیانور سدیم، اسید کرومیک و ...
ارائه دهنده خدمات، مشاوره و آنالیز رایگان
دارنده گواهینامه مدیریت کیفیت ISO 9001:2008

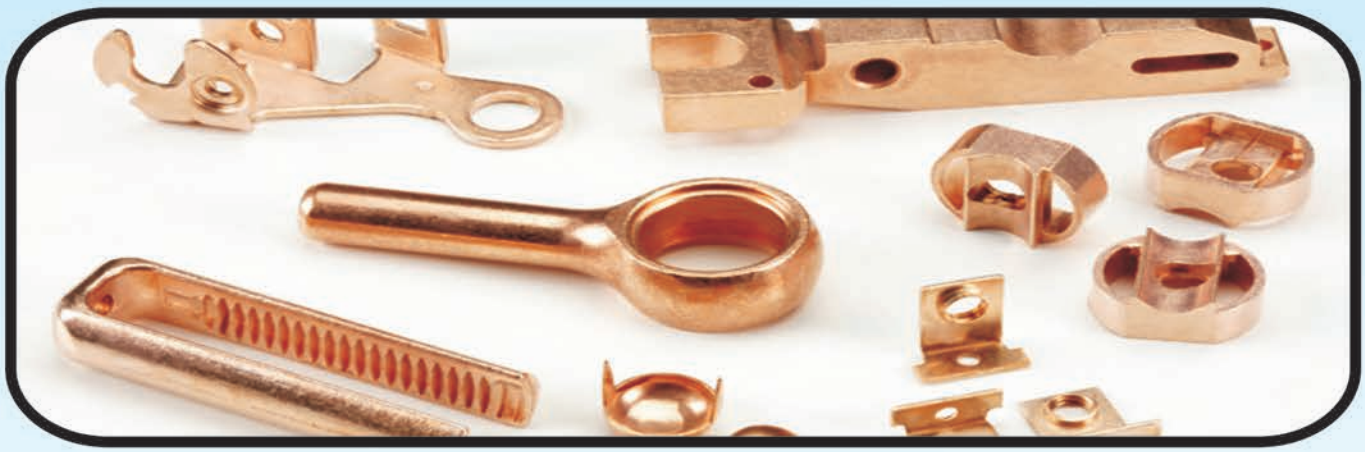
دفتر مرکزی و فروش: تهران، خیابان شهید رجایی، سه راه نان ماشینی، پلاک ۱۹٤
تلفن: ۳-۵۵۰۰۳۷۸۱، ۵۵۰۱۲۶۲۷، ۵۵۰۳۰۶۷۱، فکس: ۵۵۰۲۸۱۷۳
کارخانه: شهرک صنعتی شمس آباد، بلوار بهارستان، خیابان بوعلی، کوی سوم، قطعه TD134
E-MAIL: Info@sepehrafrooz.net www.sepehrafrooz.net

صنایع آبکاری عارفی

(با مدیریت مرتضی عارفی)



- ✓ آبکاری و پوشش دهی بر روی کلیه فلزات
- ✓ مشاوره و رفع عیب محلول های آبکاری
- ✓ راه اندازی کلیه خطوط آبکاری



۷۷۳۳۶۶۶۱-۶۳

۷۷۳۴۹۴۵۲

آدرس: خیابان دماوند جاده آبعلی - سه راه اتحاد خیابان ۱۸ غربی (ضمیرایی) پلاک ۱۷

با نیم قرن تجربه

CANNING

ما افتخار داریم که اولین بنیانگذار تکنولوژی کرم سخت در ایران هستیم

کارخانه آبکاری کانینگ

ارائه خدمات آبکاری فلزات وقطعات صنعتی با بهترین کیفیت نظیر آبکاری کرم سخت ، قلع ونقره وپرداخت انواع منبع غذایی و دارویی ، ضمنا مجهز به تجهیزات آزمایشگاهی جهت آنالیز محلولهای آبکاری وکلیه خدمات آزمایشگاهی تضمین کیفیت پوشش آبکاری شده منوط به استفاده از مواد اولیه وفرایندهای پیشرفته امروزی می باشد .این کارخانه تنها با یک شعبه در دو نقطه مختلف تهران آماده همکاری با شرکت های محترم می باشد .

کانینگ شعبه دیگری ندارد

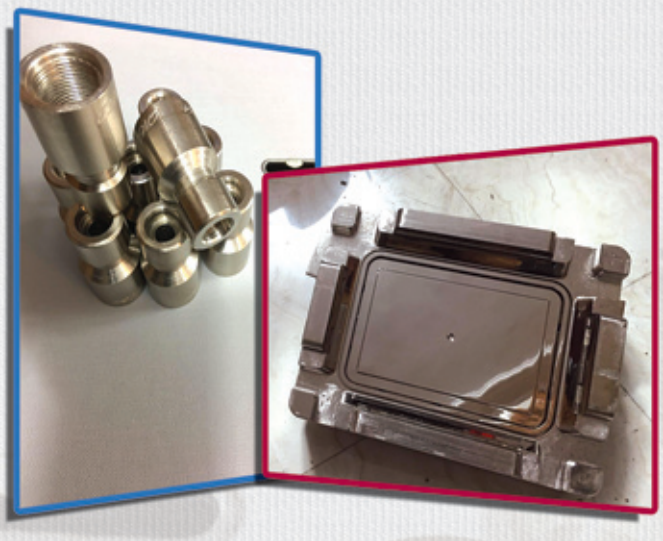
دفتر : جاده قدیم ، بعد از میدان شیر پاستوریزه ، بین فتح نهم و یازدهم ، پاساژ پارس حمید ، شماره ۱۱
تلفن : ۶۶۸۰۶۷۷۸-۶۶۸۱۶۵۰۴ فکس : ۶۶۸۰۹۰۱۸
کارخانه : جاده مخصوص کرج ، کمربندی اندیشه ، بعد از پل هوایی دوم ، خیابان ۳۰ متری زاگرس
مجتمع کارگاهی زاگرس ، بعد از کوچه هومن
تلفن : ۸-۴۶۸۳۳۱۵۷ و ۴۶۸۷۹۶۰۶ فکس : ۴۶۸۳۳۱۵۹

کیمیا سطح آذین

Kimia Sath Azin Co.

پوشش انواع قطعات فلزی مطابق استاندارد

Covering A Variety Of Metal Parts According To Standards



- پوشش های الکترولس (نیکل ، طلا ، نقره)
- گالوانیزه ، انواع کروماته
- قلع اسیدی
- راه اندازی کلیه خطوط آبکاری
- مشاوره ، رفع عیوب و آنالیز کلیه محلول های آبکاری
- EN Plating
- Zinc Plating
- Tin Plating
- Gold , Silver
- CONSULTING, Installation, Trouble Shooting

برخی موارد مصرف نیکل شیمیایی (الکترولس) :

- صنایع اتومبیل / در قسمت های مختلف ترمز ، کاربوراتور ، چرخ دنده ها
- صنایع نفت ، گاز و شیمیایی / مخازن ، همزن ها ، شیرها و اسلایدرها
- صنایع غذایی / هم زدن تانک ها ، قسمت های مختلف نقاله
- صنایع الکترونیک / اجزا و قسمت های مختلف الکترونیک ، دیسک ها ، خازن ها و ...
- صنایع هواپیمایی و فضائی / توربین ، لوله ها و قسمت های ئیدرولیک
- صنایع پلاستیک / فرآیند PVC
- صنایع مهندسی / شیرهای مختلف ، چرخ دنده ها ، بلبرینگ ها و غلطک های مدار چاپی
- صنایع نساجی / سیستم راهنمای نخ ها ، غلتنده ها
- صنایع نظامی / خودروها ، کشتی های نظامی ، سکوها و آینه های نظامی
- معادن / سیلندرهای ئیدرولیکی و مته های حفاری

نشانی دفتر : تهرانپارس ، خ گلبرگ ، بین رشید و ۱۱۳ ، پلاک ۹۵ ، واحد ۶
تلفن : ۶ – ۷۷۳۳۹۰۵۵ ۷۷۳۲۲۷۸۴ همراه : ۰۹۱۲-۱۲۵۳۱۹۱

Address : 6th Unit , No.95 , Between Rashid St. & 113 St. , Golbarg St. , Tehranpars , Tehran , Iran
Tel : 77339055-6 77322784 Mobile : 0912-1253191
website : www.sathazin.com email : hamidgaeeni@gmail.com

Aria Sayan Gostar

Deburring, Polishing & Vibratory Machines for Surface Finishing

آریا سایان گستر

تولید کننده ماشین آلات پلیسه گیری ، پرداختکاری و پولیش

چربی گیری و اکسیدزدایی

- دستگاه ویبره
- دستگاه گیلانس زنی

- دستگاه سمباده زنی ۴ ایستگاهه

وارد کننده لوازم پرداختکاری ، اسکاچ ، کنفی (Sisal) و ...

تلفن : ۹-۷۶۲۱۴۸۰۸-۰۲۱ فکس : ۷۶۲۱۲۳۹۰-۰۲۱ موبایل : ۵۲۲۴۲۲۹-۰۹۱۲

سایت : www.ariasayan.com ایمیل : amir.kaviani@gmail.com

کانال تلگرام : https://t.me/Surfacefinishing

A.F.T

شرکت آبگینه فلز تهران

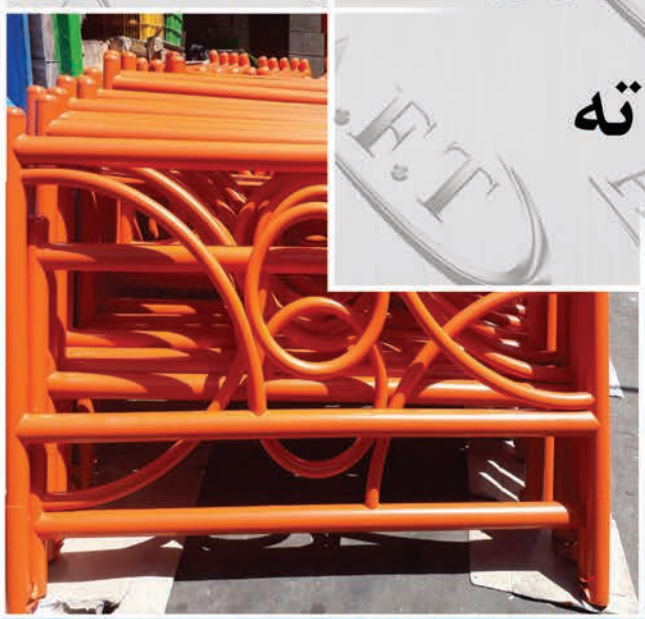
آبکاری گالوانیزه تا طول ۴ متر

آبکاری نیکل کروم

رنگ پودری (الکترواستاتیک)

راه اندازی خطوط آبکاری

فسفاته

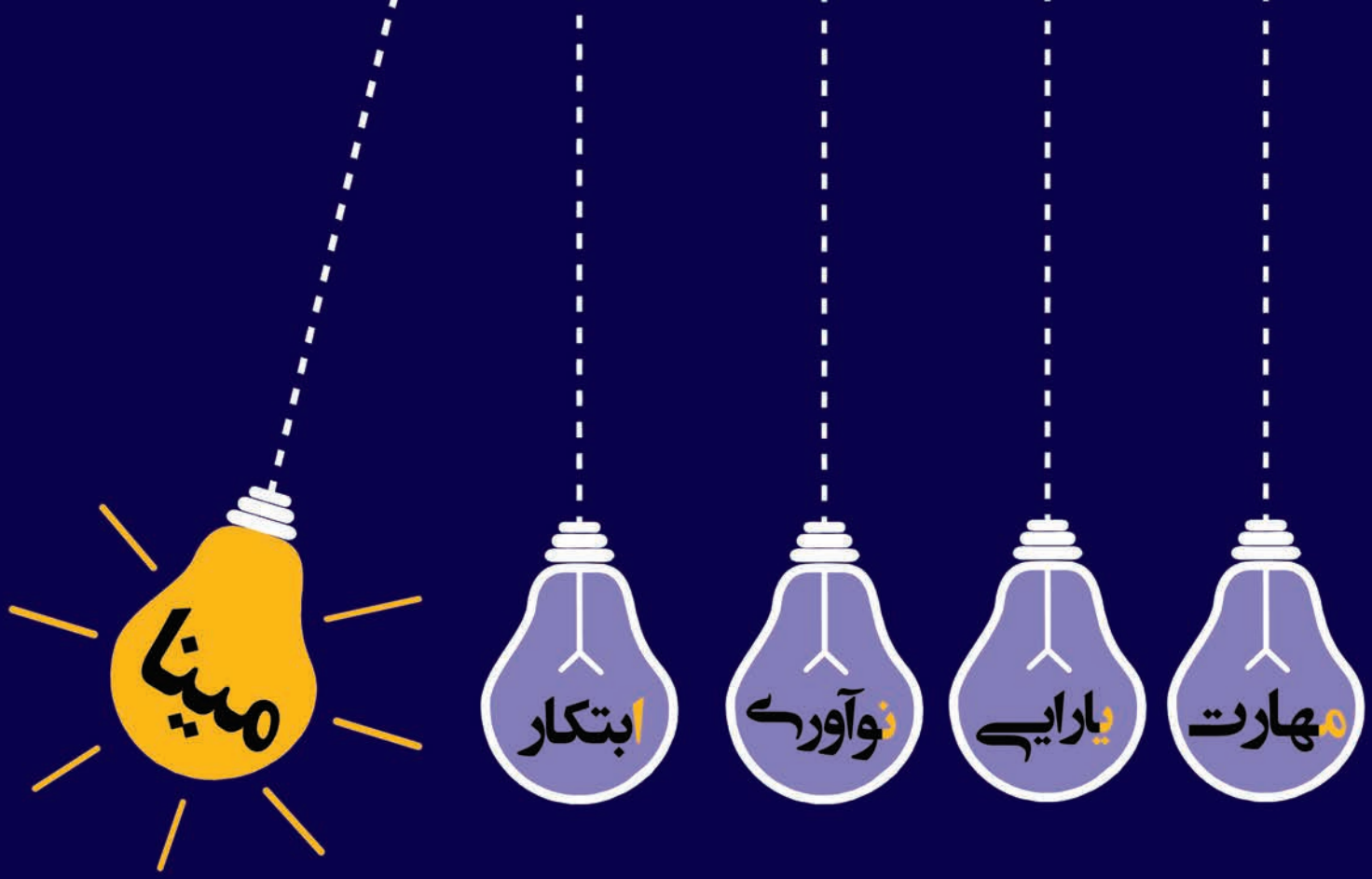


تلفن: ۰۲۱ ۴۶۸۲۱۸۰۲ تلفن همراه: ۰۹۱۲۱۱۷۳۲۸۲

۰۲۱ ۴۶۸۷۱۳۹۸ (محمدی) ۰۹۱۲۲۲۵۵۶۸۵

آدرس کارخانه: شهرقدس- بلوار انقلاب- روبروی پارک آزادگان- جنب

پمپ بنزین- کوی مطهری- پلاک ۸ - شرکت آبگینه فلز تهران



مپنا
سطح آرا

اعتبار صنعت پوشش دهی

تاسیس ۱۳۴۰

کارخانه آبکاری: سه راه تهرانپارس خیابان اتحاد کوچه ششم غربی (طوروسیان) پلاک ۷
دفتر فروش: تهرانپارس خیابان ۱۸۴ شرقی (نقلی اصفهانی) پلاک ۱۱۹ واحد ۸
۸-۷۵۹۶۷۳۳۳ (۰۲۱)
www.msf-co.com

صنایع شیمیایی معین توس

شماره ثبت علامت ۱۹۴۸۸۳

گروه صنایع
شیمیایی ـ پوششی معین توس

MOEIN TOOS Chemical Ind. Group

تعقیب همیشگی شعار
از (آ) تا (ی) آبکاری

تولید و عرضه کلیه مواد و تجهیزات صنایع:
آبکاری ـ آندایزینگ ـ الکتروپولیش ـ الکتروفورتیک
الکتروفرمینگ ـ پرداختکاری ـ فلزات رنگین
مشاوره، طراحی، راه اندازی،
خدمات فنی مهندسی،
پشتیبانی و
آزمایشگاهی

نمایندگی انحصاری و عاملیت فروش برندهای معتبر مواد و تجهیزات در شرق کشور و کشورهای همجوار
تلفکس: ۳۲۶۰۵۳۵۰ ـ ۰۵۱ همراه: ۰۹۱۵۱۱۱۰۷۴۵ سامانه پیام کوتاه: ۳۰۰۰۲۷۲۲۲۵۰۱۲۲
کانال تلگرام: telegram.me/moeintoosgroup
info@moeintoos.ir
Web Site :www.moeintoos.ir @
E-mail : info@moeintoos.ir
آدرس: مشهد، ابتدای جاده کلات، جنب معاینه فنی خودرو بهمن، مجموعه معین توس

آبتین صنعت

پمپ، فیلتر، اتصالات و تجهیزات پلاستیکی ضد خوردگی

مدیریت: سیروس نوری خانقاه

۱۳۹۵ - 2016

Field of activities:
1-Plastic pumps: ■Horizontal ■Vertical ■Barrel ■Mechanical ■Magnetic ■Self Prime
2-Plastic filter: ■Unit filters ■Filter presses ■Strainers
3-Designing manufacturing and erecting Polymer equipment: ■Tanks ■Baths ■Fans
4-Designing and erecting installations, plastic pipes and fitting from: P.V.C - P.E - P.P - P.V.D.F - E.C.T.F.E.,...
5-Designing and manufacturing polymer parts: P.P - P.P.G.F. - P.V.C - P.E - P.V.D.F - P.T.F.E ,...
6-Providing side services for all above mentioned matters
7-Designing and executing chemical projects for above cases according

All products of this company are provided with guarantee and after sales services

الکترو پمپ های افقی مکانیکی و مغناطیسی پلاستیکی
Plastic pumps Mechanical - Horizontal

AMP-N
الکتروپمپ های نرمال

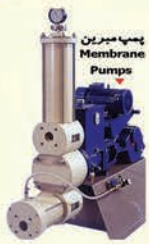
AMP-M

ANP
پمپ های استاندارد API-610 (یاتاقان)

AMP-H
الکترو پمپ های استاندارد API - 610

AMP-S
الکترو پمپ های افقی خود مکش ۶ الی ۸۰ لیتری
Selfprime pumps 6-80 Lit.

پمپ میبرین Membrane Pumps



پمپ پروستاتیک Peristatic Pumps

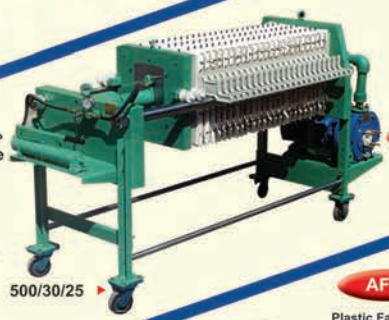
AMP-V
الکترو پمپ عمودی
Plastic pumps vertical

پمپ دیافراگمی Air Diaphragm Pumps

فیلتر های محفظه ای
Unite Filters

AMP-B
پمپ های بشکه ای
Barrel pumps

صفحات فیلتر پرس و تجهیزات
Filter Presses Plate & Accessories



AFP
فیلتر پرس
Filter Press

اسکرابر
Scrabber

پمپ هیدرولیک برقی فیلتر پرس
Electrical Hydroulic Pump

پمپ هیدرولیک دستی فیلتر پرس
Hand Hydroulic Pump

AFM
فن پلاستیکی Plastic Fan
2800 - 380

ASU
استریرنر پلاستیکی
Strainers

پروانه های پلاستیکی
Impellers

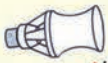
سیل های مکانیکی
Mechanical seals

شیر یکطرفه
Chek Valves

وان هول سل
Hull Cell

مهره ماسوره مخزن
Tank Adaptors/pp

همزن نازل
Eductor nozzel



زمینه های فعالیت:

۱- ساخت پمپهای پلاستیکی: ■ افقی ■ عمودی ■ بشکه ای
■ مکانیکی ■ مغناطیسی ■ خودمکش
۲- ساخت فیلترها: ■ فیلترهای محفظه ای ■ فیلتر پرسها ■ استرینرها
۳- طراحی، ساخت و نصب تجهیزات پلیمری: ■ مخازن ■ وانها ■ فن ها
۴- طراحی و نصب لوله ها و اتصالات پلیمری از مواد: پی وی سی - پلی اتیلن - پلی پروپیلن - پی وی دی اف
۵- طراحی و ساخت قطعات پلیمری و اتصالات از مواد: پی وی سی - پلی پروپیلن - پلی اتیلن - پلاستیکهای نسوز
۶- ارائه سرویسهای جانبی در مورد کلیه محصولات آبتین و مشابه خارجی
۷- مشاوره، طراحی و اجرای پروژه های شیمیایی و ضد خوردگی در کلیه زمینه های فوق

کلیه محصولات و تولیدات این شرکت شامل یکسال گارانتی و خدمات پس از فروش می باشد.

Address: No.339, between 11,13 Fath Highway, Tehran Iran
Tel: +98 21 66811655 - 66805903
Fax: +98 21 66811656
Po.Box: 13865-183

www.abtinsanat.com
abtinsanatco@gmail.com

آدرس: تهران، بزرگراه فتح، بین فتح ۱۱ و ۱۳ پلاک ۳۳۹
تلفن: ۶۶۸۰۵۹۰۳ - ۶۶۸۱۱۶۵۵ ۲۱ ۹۸+
فاکس: ۶۶۸۱۱۶۵۶ ۲۱ ۹۸+
صندوق پستی: ۱۳۸۶۵-۱۸۳

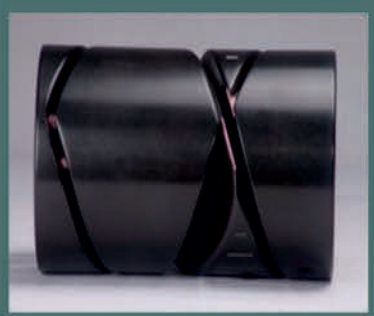
آنودایزینگ آلومینیوم آروین

ARVIN ALUMINIUM ANODIZING

مرکز تخصصی آنودایزینگ

آنودایزینگ آلومینیوم آروین به مدیریت کورش صالحیان کارشناس ارشد متالورژی با بیش از ۱۵ سال تجربه علمی و صنعتی در فرآیندهای پوشش دهی بخصوص آنودایزینگ و نیز تجهیزاتی مدرن و به روز آماده ارائه خدمات ذیل مطابق استاندارد MIL می باشد .

* آنودایزینگ سخت آلیاژهای آلومینیوم تا ضخامت ۵۰۰ میکرون و سختی ۷۵RC
* آنودایزینگ سخت آلیاژ۲۰۲۴ تا ضخامت بالای ۱۰۰ میکرون و سختی ۵۰۰HV
* آنودایزینگ سخت مشکی آلیاژهای الومینیوم
* آنودایزینگ سخت سفید آلیاژهای آلومینیوم
* آنودایزینگ نرمال در رنگهای متنوع مات و براق
* آنودایزینگ اسید کرومیکی
* آنودایزینگ تیتانیم در رنگهای مختلف تا مشکی
* سیاهکاری آلیاژهای آلومینیوم
* فرآیند آلوداین و پولیش آلومینیوم
* طراحی – مشاوره – نصب و راه اندازی



آدرس: رباط کریم – میدان امام خمینی – ابتدای بلوار امام – خیابان صنعت – پلاک ۵

تلفن: ۵۶۴۲۰۳۴۸ تلفکس: ۵۶۴۲۰۲۵۲ همراه: ۰۹۱۲۱۹۸۸۲۶۵

www.arvinanodizing.com - k_s_514@yahoo.com

GOLKAR
SEPAHAN

عضو انجمن صنایع آبکاری ایران

شرکت گلکار سپاهان

تولیدکننده

آندهای مس فسفردار و خالص
ورق و صفحات مسی
تسمه های مسی

آدرس: اصفهان، منطقه صنعتی پلیس راه نجف آباد، خیابان نیرو، خیابان کوشش، پلاک ۷

کد پستی: ۸۵۱۶۹۵۴۶۴۱

تلفن: ۴۲۴۹۹۱۴۵-۰۳۱ فاکس: ۴۲۴۹۹۶۲۰-۰۳۱

golkarsepahan@gmail.com

www. golkarsepahan.com

خدمتی دیگر برای صنعت آبکاری ایران

umicore
Electroplating

شرکت یومیکور پیشگام در تولید مواد آبکاری فلزات گرانبها در دنیا

مواد و دانش فنی فرایندهای آبکاری فلزات گرانبها برای کاربردهای تزیینی و تکنیکی

Made in Germany

شرکت **یومیکور** با بیش از ۱۲۵ سال سابقه در تولید مواد آبکاری فلزات گرانبها، تکنولوژی سطوح، کاتالیست ها، ترکیبات فلزاتی همچون نیکل و کبالت، مبدع بسیاری از فرآیند های آبکاری در دنیا بوده و در حال حاضر در بیش از ۶۰ کشور جهان دارای نمایندگی بوده و بیش از ۱۲۰۰ محصول نوآورانه را در بالاترین سطح کیفیت در برنامه ی فروش خود دارد.

شرکت **ایران بورد الکترونیک** به عنوان تنها نماینده ی رسمی شرکت یومیکور آلمان در ایران مفتخر است انواع فرآیند ها و محصولات آبکاری فلزات گرانبها را به صورت **اصل** و به همراه **گارانتی، خدمات پس از فروش و آموزش** به صنایع آبکاری ایران ارائه نماید.

- رودیوم
- پالادیوم و آلیاژهای آن
- پلاتین
- روتنیوم
- نقره و آلیاژهای آن
- طلا و آلیاژ های آن
- برنز سفید و طلایی
- آلیاژ نیکل - فسفر الکترولیتی
- آنتی تارنیش نقره
- انواع آند های تیتانیوم با روکش پلاتین و MMO

Rhodium Plating	Gold Plating	Palladium Plating	Anodes

ایران بورد الکترونیک

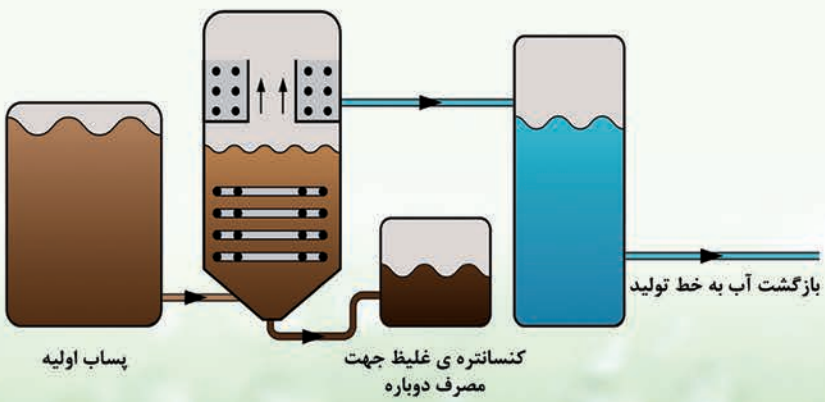
بازیابی مواد ارزشمند از پساب های صنعتی به صورت کنسانتره غلیظ

ECO TECHNO

شرکت ایران بورد الکترونیک با هدف ارائه دانش فنی ، انواع مواد افزودنی و تجهیزات در زمینه آبکاری و خنثی سازی پساب های صنعتی ، فعالیت های خود را از سال ۱۳۶۱ آغاز نموده است . اکنون این شرکت با برخورداری از امکانات تولیدی و آزمایشگاهی مدرن ، آماده ارائه هرگونه خدمات و انواع سیستم های تصفیه پساب های صنعتی مطابق با استاندارد های سازمان حفاظت از محیط زیست بصورت یک پکیج مستقل و قابل جابجایی با کیفیت عالی و سهولت کاربرد و قابلیت بازگشت آب به چرخه ی تولید می باشد.

دستگاه تبخیر کننده (EVAPORATOR)

جهت بازگرداندن مواد ارزشمند به چرخه ی آبکاری



- بازیابی عناصر ارزشمند موجود در پساب ها به صورت کنسانتره غلیظ
- کم حجم ، قابل جابجایی و قابلیت نصب در محیط های کوچک
- ساخته شده از مواد با بالاترین میزان مقاومت به خوردگی
- مصرف انرژی پایین و عدم نیاز به تعمیرات و نگهداری
- دارای گارانتی، آموزش و خدمات پس از فروش
- دارای سیستم کنترل تمام اتوماتیک (PLC)
- عاری از هرگونه بخارات سمی و آلاینده

وب سایت: www.ibe-co.com

تلفن: ۴-۵۵۰۳۲۱۳۳ و ۵۵۰۳۲۱۴۴ فکس: ۵۵۰۲۷۴۵۹ ایمیل: info@ibe-co.com

آدرس: تهران - خیابان شهید رجائی - بین کمربندی آزادگان و خیابان ستاره - انتهای کوچه قیرسازی - خیابان طباطبائی - پلاک ۱۲

صنعت آبکاری

Electroplating Industry Magazin

آگهی می پذیرد

۰۹۱۲-۱۲۱٤٤۳۹

محسن براتی

شرکت تولیدی و صنعتی

پارس مبدل

تولید کننده ترانسفورمر رکتیفایر آبکاری و آزمایشگاهی با تغییرات خروجی کاملا پیوسته

با بیش از ۲۵ سال تجربه در زمینه تولید رکتیفایر آبکاری بصورت کاملا اتوماتیک

آدرس : تهران نو - خیابان دماوند - ایستگاه دفتر - خیابان شهید برادران تیموری (وصال) شماره ۱۴۰

تلفن : ۷۷۴۱۱۶۹۱ فکس : ۷۷۴۰۷۷۴۵

ABSAZ
Solution For Quality !

آبساز

تولید آب خالص تخصص ماست !

Deionizer

EDI

آبساز بزرگترین تولید کننده دستگاه های دیونایزر و EDI در ایران

باکیفیت آب خروجی زیر 0.1 میکرو زیمنس(18.2 MΩ)

اولین صادر کننده دستگاه دیونایزر در ایران

مرکز طراحی، تولید، فروش و مشاوره سیستم های خالص سازی آب، دیونایزر، Double RO های مخصوص، دستگاه های EDI و رزین های تعویض یونی میکس بد و کاتیون و آنیون و محلول های شستشو و ضد عفونی ممبرین با تکنولوژی **نانو**

تلفن: ۹۴ ۳۴۷ ۰۵۸ - ۵۵ ۲۱۳ ۳۴۴ - ۰۲۶

تلفکس: ۱۳ ۳۴۷ ۰۳۱ - ۰۲۶

www.absazco.com

info@absazco.com

H_2O_2 PLANT

شرکت فرآیند گستر تامین

آب اکسیژنه

اولین و بزرگترین تولید کننده **آب اکسیژنه ۳۵ و ۵۰ درصد** در ایران

FIRST AND BIGGEST PRODUCER OF

HYDROGEN PEROXIDE

IN IRAN

آدرس کارخانه و دفتر فروش :

تبریز، کیلومتر ۲۰ جاده تهران

ابتدای جاده باسمنج

جنب کارخانه کلر پارس

شرکت فرآیند گستر تأمین

راههای ارتباطی :

تلفن: ۵ - ۳۶۳۰۱۰۶۴ (۴۱) ۹۸+

فکس: ۳۶۳۰۱۰۳۷ (۴۱) ۹۸+

وبسایت: www.hydrogenperoxide.ir

ایمیل: info@hydrogenperoxide.ir

لایه نشانی در خلأ

PVD

(آبکاری تحت خلأ)

- لایه نشانی در محیط خلأ به کمک فاز بخار
- لایه طلایی رنگ TiN رایج ترین پوشش با ظاهر تزیینی
- سختی بالا و چسبندگی عالی در کنار کاهش ضریب اصطکاک
- مناسب جهت انواع قالب و ابزار و قطعات صنعتی و لوازم لوکس و مقاوم

تلفن: ۲۲۰۷۹۸۸۸

فکس: ۲۲۰۶۳۱۹۵

Web: www.sakhtkari.com

Email: info@sakhtkari.com

تهیه و توزیع

سیانید سدیم

۳ – ۴۶۸۹۷۱۸۲

عملیات حرارتی

پلی تکنیک

★ نیتراسیون

(نیترو کربوراسیون)

- افزایش سختی و مقاومت به سایش و مقاومت به خستگی حتی در دماهای بالا
- عدم ایجاد تغیر ابعاد ، تابیدگی و ترک و عدم نیاز به ماشینکاری پس از سختکاری
- بیشترین چسبندگی لایه سخت به زیرلایه به علت نفوذی بودن فرآیند
- مناسب برای قالب پلاستیک ، سیلندر و مادون و قالب دایکست ، اکستروژن و فورج

★ آرکور

(پست اکسیداسیون)

- دارا بودن خواص نیتراسیون همزمان با افزایش مقاومت به خوردگی
- افزایش مقاومت به خوردگی چندین برابر پوشش کروم سخت
- قابل انجام بر روی آهن و فولاد به ویژه فولاد زنگ نزن (استنلس استیل)
- رنگ تزیینی مشکی براق

تلفن : ۴۶۸۶۸۲۰۰ و ۷ – ۴۶۸۸۰۶۷۴

آ.ف.ک

تولید کلیه نمکهای عملیات حرارتی

- نمکهای سختکاری مشابه نمکهای دور فریت (دگوسا)
- نمکهای آنیل، سمنتاسیون، نیترو کربوراسیون، کوینچ و تمپر
- مشاوره در کلیه امور عملیات حرارتی و پوشش های سطحی
- تأمین تجهیزات و راه اندازی خطوط سختکاری حمام نمک

تلفن : ۲۲-۷۹۸۸۸

Web: www.sakhtkari.com

Email: info@sakhtkari.com

مهندسی معکوس

- طراحی و ساخت قطعات پیچیده فلزی از روی نمونه اصلی آن
- تهیه دانشنامه فنی قطعات با تکیه بر ساختار و خواص متالورژیکی
- بررسی جنس ، روش تولید ، خواص مکانیکی ،عملیات حرارتی و پوشش

Web: www.sakhtkari.com

Email: info@sakhtkari.com

تلفن : ۲۲-۷۹۸۸۸

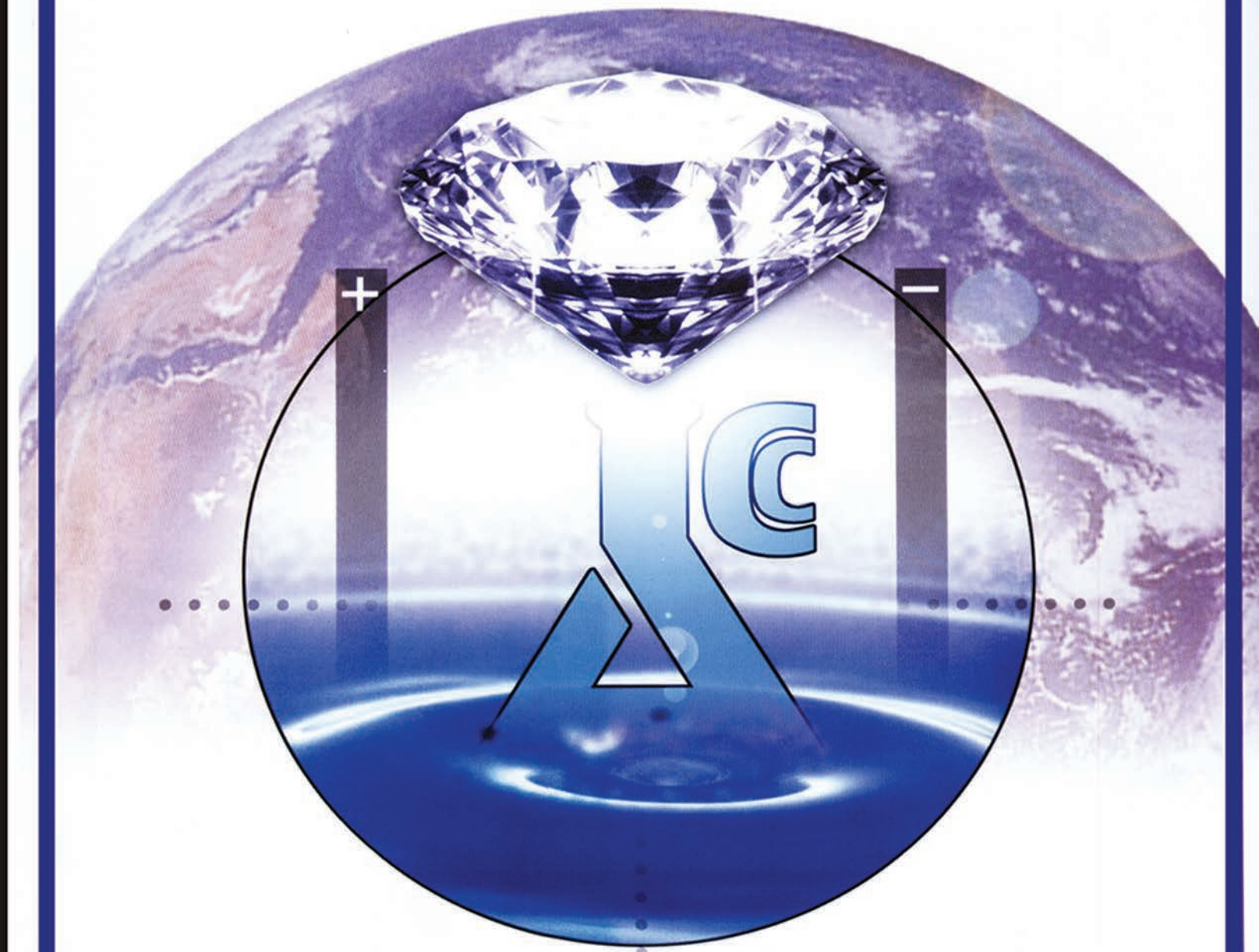
JAHAN TAB CHEMICAL CO.

شرکت شیمیائی

جهانتاب (سهامی خاص)

اولین تولید کننده مواد آبکاری در ایران با نیم قرن تجربه

دارنده گواهینامه ISO 9001 - 2008 از انگلستان



تولید کننده انواع براقی های نیکل ، روی و مس (اسیدی و سیانوری)

انواع کروماته ها ، انواع نمک ها و انواع چربی گیری های گرم و سرد(جامد و مایع)

حساس کننده استنلس استیل ، آند کروم در سایز های مختلف ، ضد گاز کروم و...

دفتر مرکزی : تهران ، چهارراه ولی عصر ، روبروی تاتر شهر ، کوچه پشن ، شماره ۴ تلفن : ۲۰-۶۶۴۱۴۵۱۹ فکس : ۶۶۴۰۲۵۲۲

دفتر فروش : تهران ، خیابان شهید رجایی ، شماره ۱۹۰ تلفن : ۵۵۰۰۳۳۹۱ - ۵۵۰۰۹۸۶۲

کارخانه : شهرک صنعتی پایتخت (علی آباد) بلوار صنوبر ، یاسمن ۵ تلفن : ۰۲۳۳-۴۵۷۲۰۶۱ فکس :۰۲۳۳-۴۵۷۲۰۶۴

www.jahantabchemical.com

همایش های تخصصی

تخصص تعهد نیکل گستر است

نیکل گستر
Nickel Gostar
مواد اولیه، تجهیزات و دانش آبکاری، تصفیه آب و پساب

نشانی: تهران، میدان رسالت، پشت مسجد رسول، خیابان کریمی، پلاک ۲۰، واحد ۱و۴ کد پستی: ۱۶۷۶۶۵۳۸۱۴
تلفن: ۷۷۲۴۰۶۲۲ – ۷۷۲۴۰۶۲۳ – ۷۷۸۰۷۳۰۲ – ۷۷۲۴۷۶۷۹ – ۷۷۲۴۷۶۸۰ – ۷۷۲۴۷۶۸۵ – ۷۷۲۴۷۶۹۰ – ۷۷۲۴۷۶۹۵
فکس: ۷۷۲۲۴۱۵۹
تلفن همراه: ۰۹۱۲۸۴۴۸۷۵۳ – ۰۹۱۲۳۸۰۶۸۹۰
سرویس پیامک: ۱۰۰۰۰۱۲۳۱۰۰۰۰
وب سایت: www.nickelgostar.com
پست الکترونیک: info@nickelgostar.com

فلزاب

نوآوری در صنعت شیرآلات بهداشتی

نمک برنج و فرآیند آنتیک
شرکت فلزاب

دستیابی به طیف رنگهای مختلف آنتیک

از قهوه ای روشن تا مشکی

کلیه محصولات فلزاب تولید، بسته بندی و پلمپ شده در آلمان می باشد.

محصولات تخصصی شرکت فلزاب در صنعت شیرآلات بهداشتی

فرآیند آنتیک ال آنتیک پایه آب	فرآیند نمک برنج ای جی برنج طلایی	فرآیند سوپراگال بی ای ۱۳۶ نیکل براق	فرآیند پریموس ۵۲۰ مس اسیدی	فرآیند هاگ ۹۰ مس سیانوری

تهران، خیابان سپهبد قرنی، کوچه حقیقت طلب، پلاک ۱۵

www.felezab.com info@felezab.com

تلفن: ۸۸۸۹۵۰۱۳ فکس: ۸۸۸۹۵۰۱۲