کنترل فرآیـــــــــند در آبـــــکاری

بخش ۱ : اثـــــــــــــرمرکـــــــب

بنا به تعریف آبکاری یک فرایند الکترولیتی برای نشان دادن یک لایه از فلز در سطح یک فلز یا غیر فلز به منظور ارتقاء، ظاهر، زیبایی یا خواص مکانیکی آن سطح است.

فرآیند به مجموعه فعالیت‌های به هم پیوسته‌ای اطلاق می‌شود که برای ایجاد یک یا چند تغییر تعریف شده است و هر فرآیند با یک فعالیت مشخص آغاز و با فعالیت دیگر پایان می یابد تا به هدف نهایی برسد.

اگر یک واحد آبکاری را به صورت فرآیند ببینیم، معمولاً می‌توان آن را به بخش های زیر تقسیم کرد:

۱- آماده سازی فرایند(pre treatment)
- پیکلینگ
- پرداختکاری و پولیش
- چربیکیر گرم
- چربیگیر الکتریکی
- اسیدشویی

۲- فرآیند اصلی(main treatment)
- انواع آبکاری الکتریکی
- الکترولس
- غوطه وری

۳- تکمیل کاری(post treatment)
- کرماته ها
- لاکهای محافظ
- خشک کردن
- هیدروژن زدایی

برای آنکه مطمئن شویم که فرآیند آبکاری به خوبی و به نحو مطلوب کار می‌کند و تمام فعالیت ها به طور پیوسته و منظم انجام می‌شود، بحث کنترل فرآیند آبکاری پیش می آید که پایش دائم و مطلوب آن منجر به کیفیت مطلوب پوشش آبکاری می‌شود و در نهایت مزیت رقابتی رایجاد می‌کند ای افزایش می دهد.

کنترل فرایند در واحدهای آبکاری

در واحد آبکاری بخش کنترل فرآیند به بخشی گفته می‌شود که به اصلاح روش‌ها مشغول است تا آن واحد بتواند به‌وسیله آن روش‌ها از مطلوبیت پوشش دهی خود و رضایت مشتریان مطمئن گردد.

این روش ها و سیستم ها معمولاً با هماهنگی و همکاری دیگر بخش‌های یک کارخانه تولیدی که در آن واحد آبکاری وجود دارد طراحی و مهندسی می‌شوند.

در این راستا بسته به نوع عوامل موثر در فرآیند و وسعت حوزه بررسی، بخش‌های مختلف درگیر می شوند که نتایج آن در کنترل کیفیت آماری، تضمین کیفیت و کنترل کیفیت فراگیر مطرح و به طور قابل وضوح مشاهده می شود.

کنترل فرآیند علاوه بر دسترس پذیر کردن کیفیت و بهره‌وری، فعالیت سازمان را نیز افزایش می دهد و باعث کنترل فرآیند مطلوب در واحد آبکاری می شود.

اهداف کنترل فرآیند در آبکاری

حفظ استانداردهای تعیین شده، کشف و تصحیح انحرافات فرآیند آبکاری در عمل و ارزیابی کارایی واحدها و افراد.

فعالیت های کنترل فرآیند

- کنترل متغیرهای وان‌های آبکاری در سه بخش آماده سازی، اصلی، تکمیل کاری
- کنترل مواد ورودی به فرآیند
- کنترل حین آبکاری به منظور اقدامات پیشگیرانه
- مطالعات ویژه در فرآیند آبکاری با هدف ریشه یابی مشکلات اصلی خط آبکاری

عوامل ایجاد پوشش بی‌کیفیت در نتیجه عدم کنترل فرآیند آبکاری

- خطای انسانی ناشی از عدم آموزش و عدم انجام صحیح فرآیند های آبکاری
- مواد اولیه نامطلوب
- تجهیزات آبکاری فرسوده و غیرحرفه‌ای
- محیط آبکاری نامناسب از نظر ساختار و محیط زیست
- ضعف در طراحی مهندسی خط آبکاری
- عدم کنترل روزانه با استفاده از cheek print

نتایج ناشی از آبکاری با پوشش نامطلوب

- ادعای خسارت
- برگشت قطعات آبکاری شده
- هزینه اصلاحی و دوباره کاری
- هزینه های پیشگیرانه
- سلب اعتماد مشتریان از واحدهای آبکاری

آنچه مسلم است کنترل دقیق فرآیند آبکاری به صورت پیوسته ما را به اهدافمان می رساند و عدم کنترل آن نتایج نامطلوب و جبران ناپذیر را در بر خواهد داشت و به طور باورنکردنی به شدت مشکلات زیاد می شود به طوری که آن واحد آبکاری در زمان کوتاه و با هزینه‌های اندک قابل اصلاح نمی باشد.

برای مثال در یک واحد آبکاری نیکل - کروم بر روی قطعات فولادی که یکی از معمولی ترین فرآیندهای آبکاری می باشد تعداد احتمال ایجاد مشکلات می‌تواند به عدد زیر برسد.

۴۳۵،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰

بله در نگاه اول عدد فوق بسیار تعجب‌برانگیز، باورنکردنی و غیرعلمی به نظر می‌رسد اما بیاییم قدم به قدم جلو برویم تا ببینیم چگونه به این تعداد امکان ایجاد مشکل می رسیم و چگونه می توانیم آن را کم یا حذف کنیم!!!!!

در یک واحد آبکاری حداقل کنترل ها روی متغیرهای ذیل باید انجام شود و اگر این کنترل ها به صورت مطلوب صورت نگیرد در اثر تاثیر گذاشتن بر همدیگر مشکلات بیشتر و بیشتر می شود و دیگر قابل کنترل نمی باشد در یک مدل ریاضی امکان به وجود آمدنعیوب بسیاری در یک واحد آبکاری نیکل کروم هست.

خسارت ناشی از عدم رعایت

امکان تعداد عیوب

در فرایند آبکاری نیکل – کرم

435 000 000 000

متغیرهای کلی قابل کنترل در فرایند آبکاری

۱.	مواد شیمیایی الکترولیت	۱۲	اتصالات
۲.	ترکیب در صد الکترولیت	۱۳	خروجی پساب
۳.	آند	۱٤	دبی آبشویی ها
٤.	کاتد	۱۵	ناخالصی فلزی
۵.	اسیدیته	۱۶	ناخالصی آلی
۶.	دما	۱۷	ناخالصی نامحلول
۷.	تلاطم	۱۸	قطره چکان
۸.	فیلتراسیون	۱۹	افزودنیها
۹.	ولتاژ	۲۰	تهویه هوا
۱۰.	شدت جریان	۲۱	تجهیزات

در تمامی فرآیند های آبکاری هم اثر گذاری متغییر های آبکاری بر یکدیگر می تواند واحد آبکاری را به یک نتیجه مطلوب و یا نامطلوب برساند.

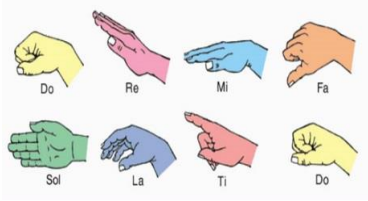
در واقع اثرمرکب نه تنها در فرآیند های آبکاری بلکه در جای جای هستی قابل رویت می باشد

نمونه های اثر مرکب در جهان هستی

۳ رنگ اصلی

در اثر ترکیب و اثرگذاری ۳ رنگ اصلی بر همدیگر میلیون ها رنگ ترکیبی زیبا به وجود می آید.

۷ نت موسیقی



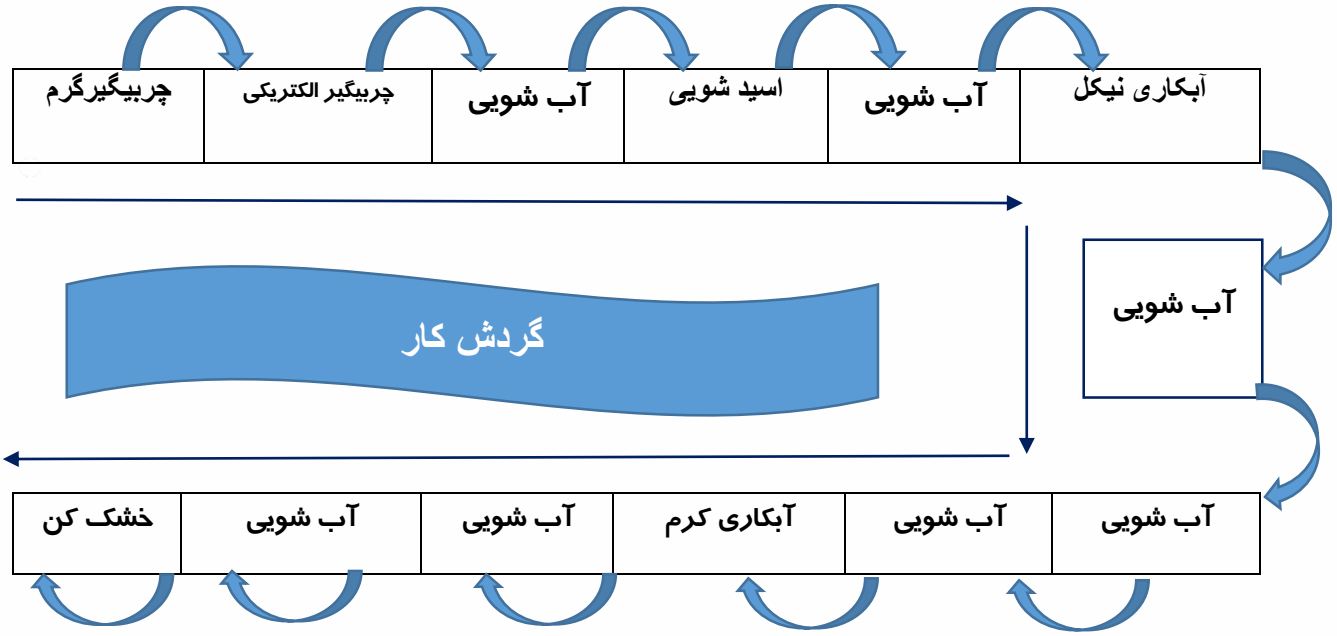
در اثر ترکیب و اثر گذاری ۷ نت موسیقی بر هم دیگر چه بسیار موسیقی و اصوات دلنوازی بشر در طول تاریخ ساخته است.

۵ مزه اصلی

در اثر ترکیب و تاثیر فقط ۵ مزه اصلی در یکدیگر چه بسیار مزه ها را در اثر دنیای بزرگ غذاها حس می کنیم

حال میخواهیم ببینیم که اثر مرکب مانند طبیعت در فرآیندهای آبکاری چگونه عمل میکند.

ترتیب فرآیند ساده خط آبـــــکاری نیـــــکل



اگر یک فرایند آبکاری نیکل کروم مطابق گردش کار بالا باشد پس ترتیب فرآیند و متغیرهای هر فرایند را نیز به صورت کلی می توان طبق جدول زیر در نظر گرفت که هر یک از متغیرهای یا کنترل مطلوب دارند یا از کنترل خارج شدند پس برای هر متغیر دو حالت خوب و بعد می‌توان در نظر گرفت بنابراین اگر مثلاً آبشویی دارای ۳متغیر باشد با ۲ حالت خوب و بد که در هم اثر می‌گذارند ما را به ۶ حالت کلی در هر ایستگاه فرآیند آبکاری می رساند که خود آن در ایستگاه بعدی تاثیر دارد و مابقی ایستگاه ها هم از این قاعده مستثنا نیست

برای ترتیب فرآیند آبکاری نیکل کرم می توان یک مدل ریاضی ساده طراحی کرد که عوامل بطور مستمر در یک دیگر تاثیر میگذارند و تاثیرات را بسیار پیچیده می کنند.

	ترتیب فرآیند	متغییر ها	جمع کل
1	چربیگیرگرم	غلظت. دما.مواد شیمیایی	۶= ۳×۲
2	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
3	اسید	غلظت.فلزات حل شده.PH.	۶= ۳×۲
4	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
5	چربیگیرالکتریکی	غلظت.دما.مود شیمیایی.تسمه مسی.کاتد.شدت جریان	۱۲=۲×۶
6	آبشویی	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
7	فعال کننده	غلظت.ناخالصی ها	۴= ۲×۲
8	آبشویی	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
9	آبکاری نیکل	غلظت(۳متغییر). دما.آند.تسمه مسی. ناخالصی(۳).فیلتراسیون.تلاطم.افزودنی ها(۳).شدت جریان	۳۰= ۱۵×۲
10	آبشویی	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
11	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
12	آبکاری کرم	غلظت. دما.آند.تسمه مسی.شدت جریان	۱۰= ۵×۲
13	آبشویی	آب ورودی. دما.سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
14	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۶= ۳×۲
	مدل نهایی		870,712,934,400

➢ **همانطور که ملاحظه می کنید بطور کلی تعداد** 870,712,934,400 امکان وجود خواهد داشت که نیمی از آن ها مطلوب و مابقی نامطلوب است برای درک بهتر جدول بالا، یک ردیف را به زبان ساده شرح داده میشود:

	ترتیب فرآیند	تغییرات	جمع کل
1	چربیگیرگرم	غلظت. دما.موادشیمیایی	۶= ۳×۲

(امکان)۶= ۲(حالت خوب و بد)×۳(متغییر)

همانطور که از داده ها واضح است، بیشترین شرایط نامطلوب واحد ابکاری از عدم کنترل ۲۰ متغییر کلی به وجود می آید که می توان آن ها را کنترل کرد و در دامنه خودشان نگاه داشت برای مثال کنترل متغییرهایی مانند غلظلت مواد شیمیایی، دما، PH، کیفیت آب ورودی، اتصالات مسی، شدت جریان و بسیاری از آن ها، بسیار راحت و قابل اجرا می باشد بنابراین با حذف متغییر های منترل شده تعداد احتمال و امکان خرابی در ریاضی بسیار پایین می آید.

اما امکان دارد متغییر هایی مانند کنترل ناخالصی های فلزی، آلی و یا ذرات معلقزی، آلی و یا ذرات معلق درون وان های ابکاری فرآیندی سخت تر کنرل شود.

	ترتیب فرآیند	تغییرات	جمع کل
1	چربیگیرگرم	غلظت. دما.مواد شیمیایی	۲= ۱×۲
2	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
3	اسید	غلظت.فلزات حل شده.PH.	۴= ۱×۲
4	آبشویی (۲)	آب ورودی.دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
5	چربیگیرالکتریکی	غلظت. دما. مواد شیمیایی.تسمه مسی.کاتد.شدت جریان	۲= ۱×۲
6	آبشویی	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
7	فعال کننده	غلظت.ناخالصی ها	۲= ۱×۲
8	آبشویی	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
9	آبکاری نیکل	غلظت(۳متغییر) دما.آند.تسمه مسی. .فیلتراسیون.تلاطم.افزودنی(۳).ناخالصی ها(۳)	۶= ۲×۳
10	آبشویی	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
11	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
12	آبکاری کرم	غلظت. دما.آند.تسمه مسی.شدت جریان	۴= ۲×۲
13	آبشویی	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
14	آبشویی (۲)	آب ورودی. دما. سرعت آب ورودی	۲= ۱×۲
	مدل نهایی		196,608

جهت بهینه سازی اگر بتوانیم تعداد عوامل قابل کنترل را کاملاً پایش و در شرایط مطلوب نگه داریم طبق جدول بالا آن عوامل از مدل ریاضی حذف می‌شوند و تعداد متغییر های نامطلوب اثر کمتری بر یکدیگر دارند بنابراین جدول بالا نمایانگر این است که با کنترل فرآیند می توان تعداد مشکلات احتمالی را به راحتی کاهش داد و برای نمونه در فرآیند ابکاری نیکل/کرم از 870,712,934,400 امکان به 196,608 با رعایت نکات جدول بالا بهینه سازی انجام شده است.

در بخش بعدی به این موضوع خواهیم پرداخت که چرا اصولا کنترل فرآیند آبکاریباید مورد توجه قرار گیرد. و به بحث اثر مرکب و برتری خفیف در این زمینه خواهیم پرداخت و در ادامه پیشنهاد و راهکار هایی برای کنترل بهتر و دائم واحد های آبکاری خواهیم داد.