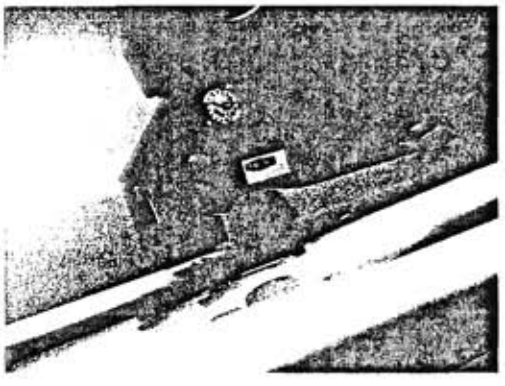
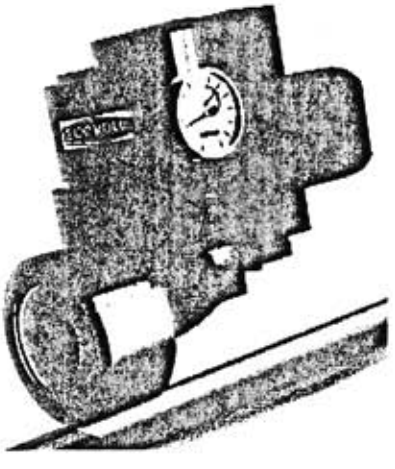
ابزارهای تک غلطکی برای صیقلکاری



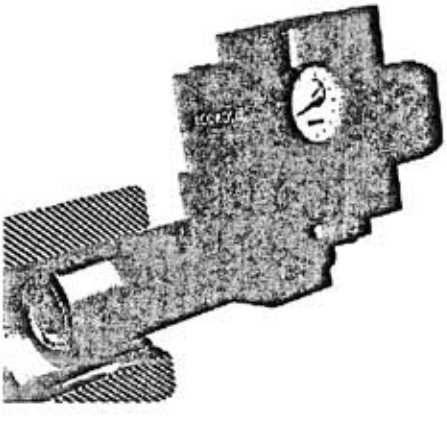
- ابزارهای تک غلطکی بسیار اینورسال هستند.

شکل ۱۴-۸- غلطک کاری میله پیستون



- برای غلطک کاری سیلندری قطرهای ٦ تا ۱۲۵ میلیمتر.
- فشار حدود ۱۰۰ تا ٤۰۰ نیوتن.
- سرعتهای تا ۱۸۰ متر در دقیقه ممکن است.
- سرعت پیشروی ۰/۲ تا ۰/۸ میلیمتر بر هر دور ممکن است.

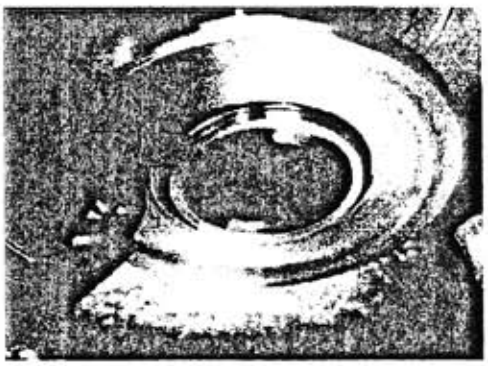
شکل ۱۵-۸-غلطک کاری با یک رول



- برای قطرهای از ۳۲ میلیمتر به بالا و برای عمق تا ۱۲۵ میلیمتر.
- یک ساعت دقت بار عمودی را کنترل میکند.

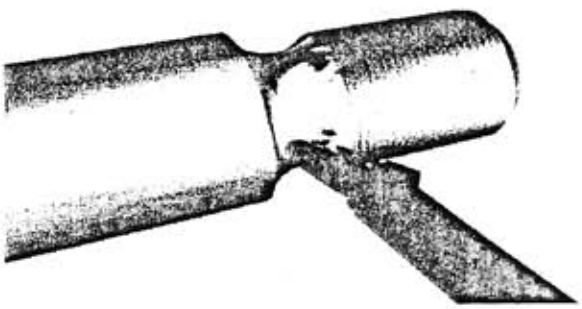
شکل ۱٦-۸-غلطک کاری داخل سوراخ با یک رول

کاربردهای ویژه غلطک زنی



- در این مثال سوپاپ موتور کشتی غلطک زده میشود برای بهتر کردن زبری و سخت کردن سطوح مختلف سوپاپ

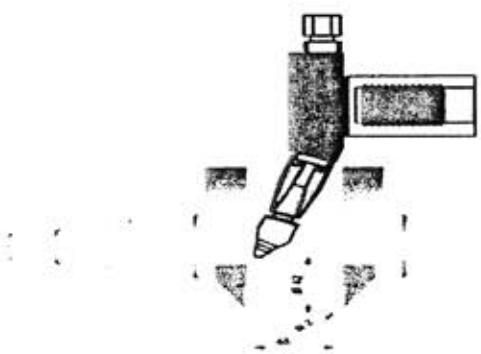
شکل ۱۷-۸-غلطک زنی سطح سوپاپ موتور کشتی



- سختی قطعه کار 42HRC
- هدف کم کردن ضریب اصطحکاک در محل غلطک زنی
- بعد از تراشکاری بر روی همان ماشین غلطک زده شد

شکل ۱۸-۸-غلطک زنی سختکاری یک پروفیل

- سختی 55HRC
- جنس GGG 60
- فشار تا ٤٠٠ بار
- بالا رفتن سختی در حدود ٦ درصد



شکل ۱۹-۸-غلطک زنی سختکاری میل لنگ

ساچمه زنی و ماسه پاشی
Shot peening and sand blasting

مقدمه

ساچمه زنی و ماسه پاشی روشی است برای عمدتاً کار بر روی قطعات فلزی جهت:

- بالا بردن تنش فشاری پس مانده و عمر قطعه کار و بخصوص برای قطعاتی که بر آنها تنش های دینامیکی وارد میشود
- برای صاف کردن سطح قطعه کار و پلیسه گیری
- برای تمیز کردن سطح قطعه کار از زنگ زدگی، اکسیداسیون رنگ

در این روش ساچمه و یا ماسه از جنس چدن، فولاد، استیل، سرامیک،شیشه و یا قطعات قیچی شده از رول سیم فولادی بر روی سطح قطعه کار کوبیده میشود

کاربرد این روش بخصوص برای بالا بردن تنش فشاری پس مانده برای قطعات موتور هواپیما، پره توربین ها، قطعات جعبه دنده و چرخ دنده ها، شفت ها، قطعات خودرو استفاده میشود

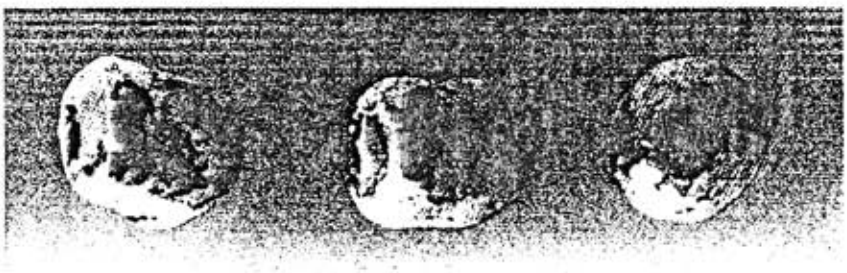
دانه های سخت (ساچمه و یا ذرات خرد شده و یا ماسه) بر روی سطح قطعه کار اصابت میکنند و در روی سطح و مقداری نیز زیر سطح قطعه کار تغییرات پلاستیسه ایجاد میکنند و چون این فرایند بدون گرما ایجاد میشود باعث بالا رفتن تنش

پس مانده فشاری میشود که این تنش باعث بالا رفتن "خستگی ثابت" و عمر قطعه کار میشود. دانه ها میتوانند از طرق مختلف بحرکت در آیند و با سرعت قطعه کار را بمباران کنند. از جمله روشها استفاده از هوای فشرده و یا نیروی گریز از مرکز و یا استفاده از نیروی مکشی میباشد.

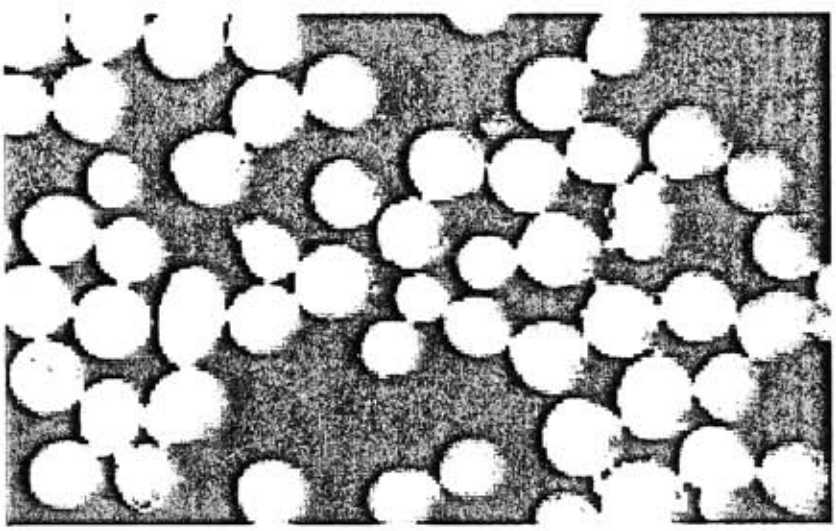
لازم است سطحی که باید ساچمه زنی شود و یا نازل خروجی دانه ها و یا هر دو طوری در حرکت باشند که سطح بطور یکنواخت ساچمه زنی شود.

اندازه دانه ها معمولاً از ۰/۱ – ۰/۰۷ میلیمتر و در بعضی شرایط برای کاربردهای خاص دانه ها بزرگتر هستند اندازه دانه ها باید آنقدر بزرگ باشد که بتواند نیروی لازم را برای تغییرات پلاستیته بر روی سطح قطعه کار و کمی نیز زیر سطح بوجود آورد. این ذرات باید آنقدر هم بزرگ نباشند که باعث تغییرات فرم هندسی قطعه کار و یا خرد شدن و یا شکسته شدن و یا ترک خوردن سطح شوند.

ساچمه زنی و ماسه پاشی

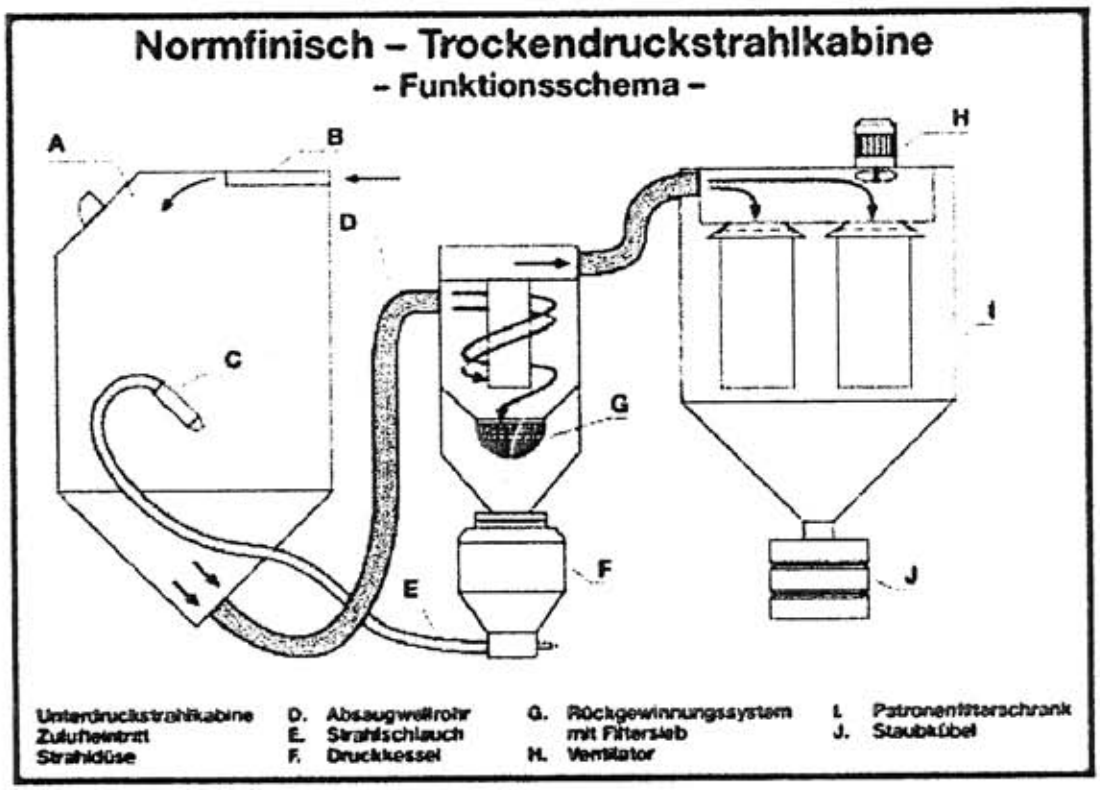


- **دلیل :**
  بالا بردن سختی، بالا بردن خستگی ثابت، بالا بردن خستگی خمشی و بالا بردن تنش فشاری پس مانده



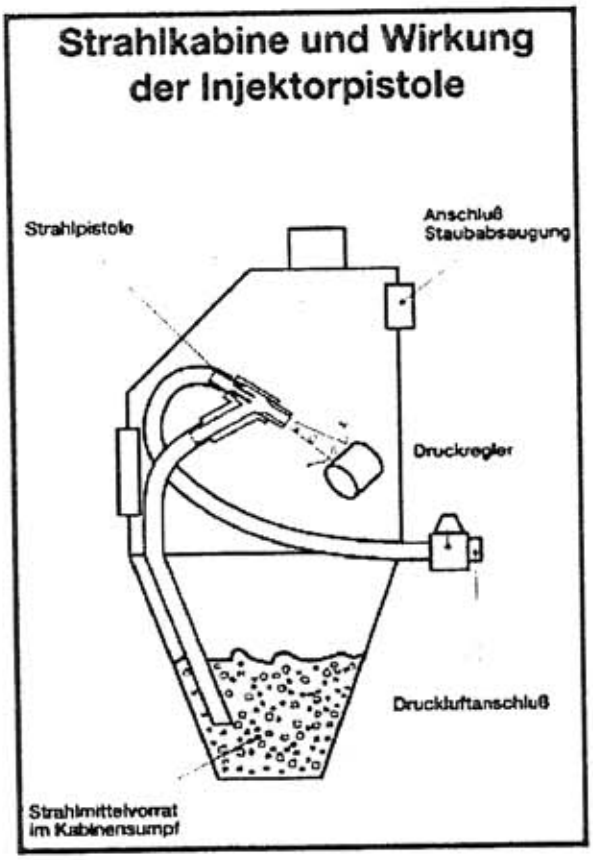
- **ساچمه ها – دانه ها**
  ساچمه های فولادی، چدنی، سرامیکی، شیشه، قطعات قیچی شده سیم فولادی که با سرعت قطعه کار را بمباران میکنند

ساچمه زنی با استفاده از هوای فشرده



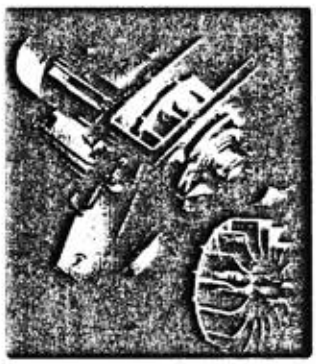
- مخزن ساچمه ها تحت فشار هواست
- هوای فشرده همراه با دانه ها از نازل خارج میشود
- خاصیت: مقدار جریان دانه ها قابل کنترل میباشد و فشار زیاد نیاز نیست
- مضرات: حجم هوای فشرده مورد نیاز زیاد است

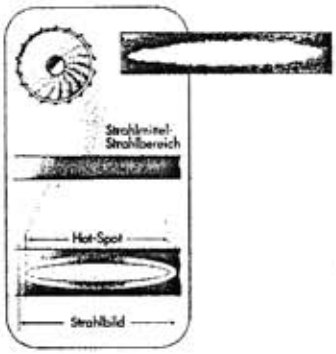
ساچمه زنی انژکتوری

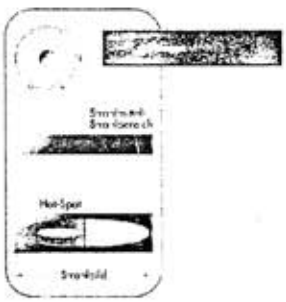


- در مخزن ساچمه ها فشار لازم نیست
- دانه ها از طریق مکش به داخل لوله و نازل میرسند
- خاصیت: دانه های بسیار ریز میتوانند از این طریق انتقال یابند
- مضرات : کنترل حجم دانه های خروجی ساده نیست، فشار هوای نسبتاً بالا مورد نیاز میباشد

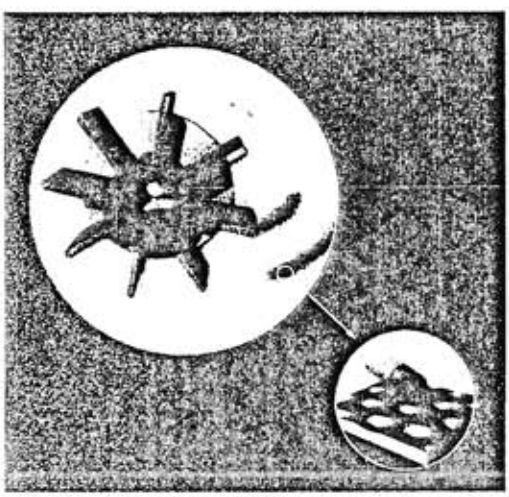
ساچمه زنی با استفاده از نیروی گریز از مرکز







- بر مبنای فشار هوا کار نمیکند بلکه از نیروی گریز از مرکز استفاده میشود
- سرعت ذرات تا ۱۰۰ متر در ثانیه
- خاصیت : هوای فشرده نیاز ندارد ولی انرژی هر ساچمه بالا است
- مضرات : چرخ شتاب دهی به دانه ها ثابت است و جهت حرکت دانه ها نیز تقریباً ثابت و به زیر قطعات و سطوح کناری دانه ها برخورد نمیکنند

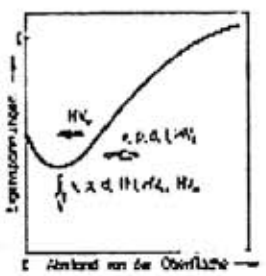


سخت کردن سطوح، پرنسیب

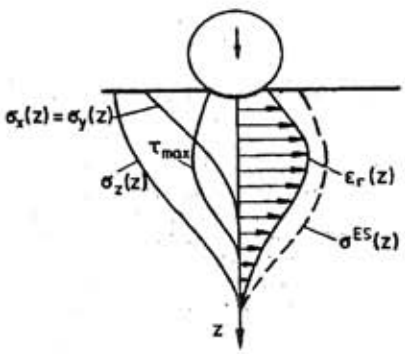
- سخت کاری سرد
- ایجاد نابجایی در ساختمان کریستالی قطعه کار
- تغییرات پلاستیسه (دائمی) سطح
- در سطوح زیرین قطعه کار فشار بر مبنای قانون " Hertz " موجود است
- تنش پس مانده فشاری در جهت متقابل تنش در قطعه کار است
- تنش پس مانده فشاری در روی سطح و زیر آن همگون نیست
- تنظیم و تعیین نیروی ضربه دانه ها از طریق "نوارهای فلزی" تعیین میشود (آزمایش)
- بر روی نوارهای فلزی که جهت تعیین تأثیر ضربه ساچمه ها (دانه ها) استفاده میشوند یک لایه از ماده " فلورنسی" وجود دارد که تغییر شکل و مقدار تنش را میتواند نشان دهد

تنش ها در قطعه کار

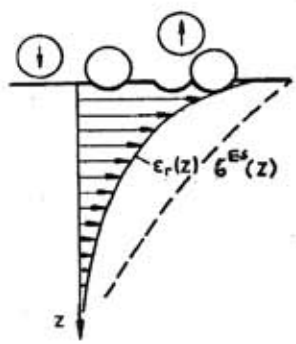
V- سرعت ساچمه ها
P- فشار
d- قطر دانه ها
t- زمان ساچمه زنی
Hvs-سختی ساچمه ها
Hvw-سختی قطعه کار



تغییرات تنش پس مانده بر مبنای پارامترهای ساچمه زنی

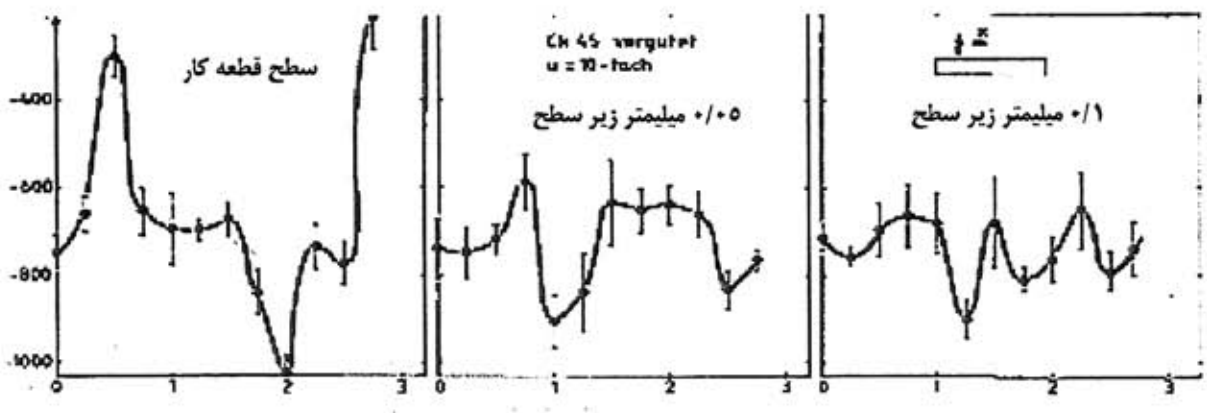


فشار بر مبنای Hertz



تغییرات پلاستیسه
روی سطح و زیر سطح

تنش پس مانده N / mm^2



فاصله X بر مبنای میلیمتر

ناهمگون بودن تنش پس مانده بر مبنای اندازه گیر تنش از طریق اشعه رونتگن

خواص و مضرات روش ساچمه زنی

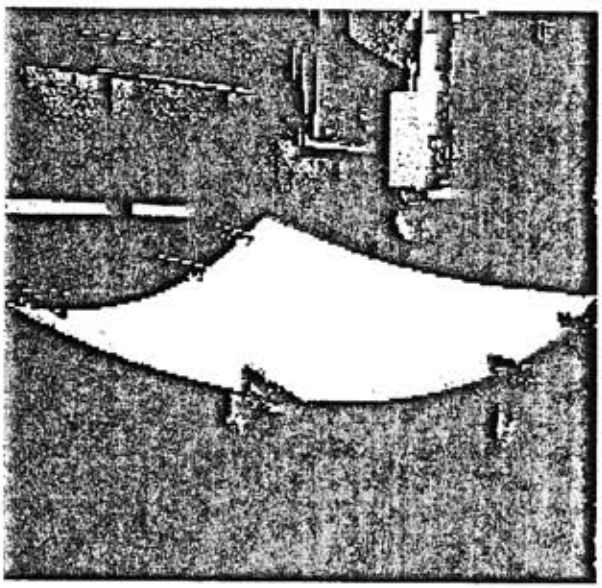
خواص

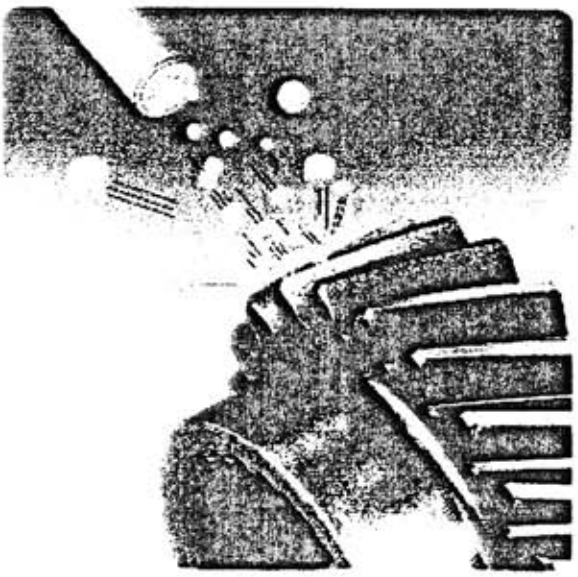
- بهتر شدن خستگی ثابت به تنش کششی، تنش خمشی
- کم شدن و یا از بین رفتن امکان ترک و پیشرفت ترک
- بهتر شدن خواص قطعات آهنگری و ریخته گری
- حتی قطعات سخت کاری شده میتوانند از طریق ساچمه زنی کیفیت سطح آنها تغییر کند

مضرات

- بالا رفتن تنش پس مانده فشاری امکان ترک را بالا می برد
- در بعضی مواقع استفاده نادرست و ناهمگون می تواند مضراتی بوجود آورد
- ناهمگون بودن ساچمه زنی میتواند باعث تغییر فرم قطعه کار شود
- با استفاده غلط از پارامترها امکان تمرکز تنش موجود است
- سایش دانه ها و یا ساچمه ها بر روی قطعه کار میتواند کیفیت سطح را و یا زبری آن را تغییر دهد

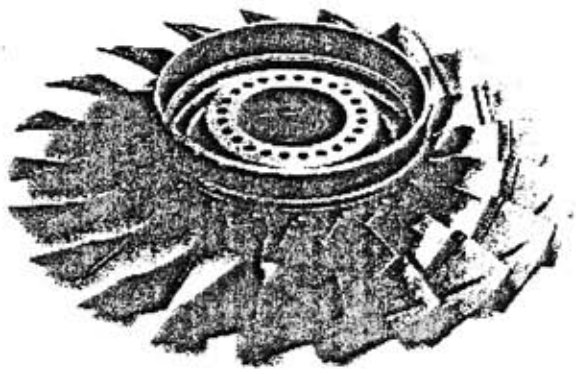
مثال برای کاربرد

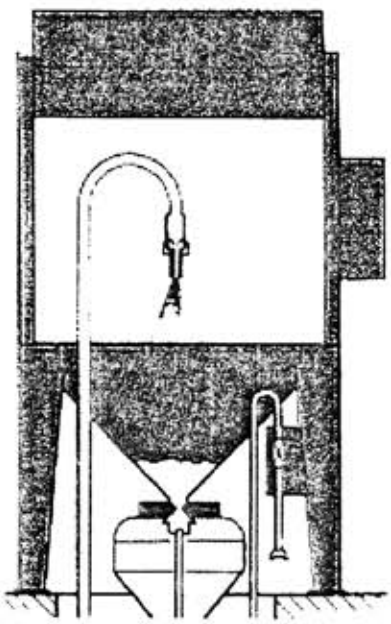




- کلاج و صفحات فنر
- قطعات شاسی خودرو
- چرخ دنده ها
- سوپاپ ها
- قطعات ریخته گری
- قطعات آهنگری
- فرم دهی قطعات

مثال کاربردی





- با بالا بردن تنش پس مانده فشاری مقاومت قطعه کار در مقابل خستگی، اکسیداسیون و ترک های ریز بالا میرود

کاربرد ویژه Dry Ice Blasting

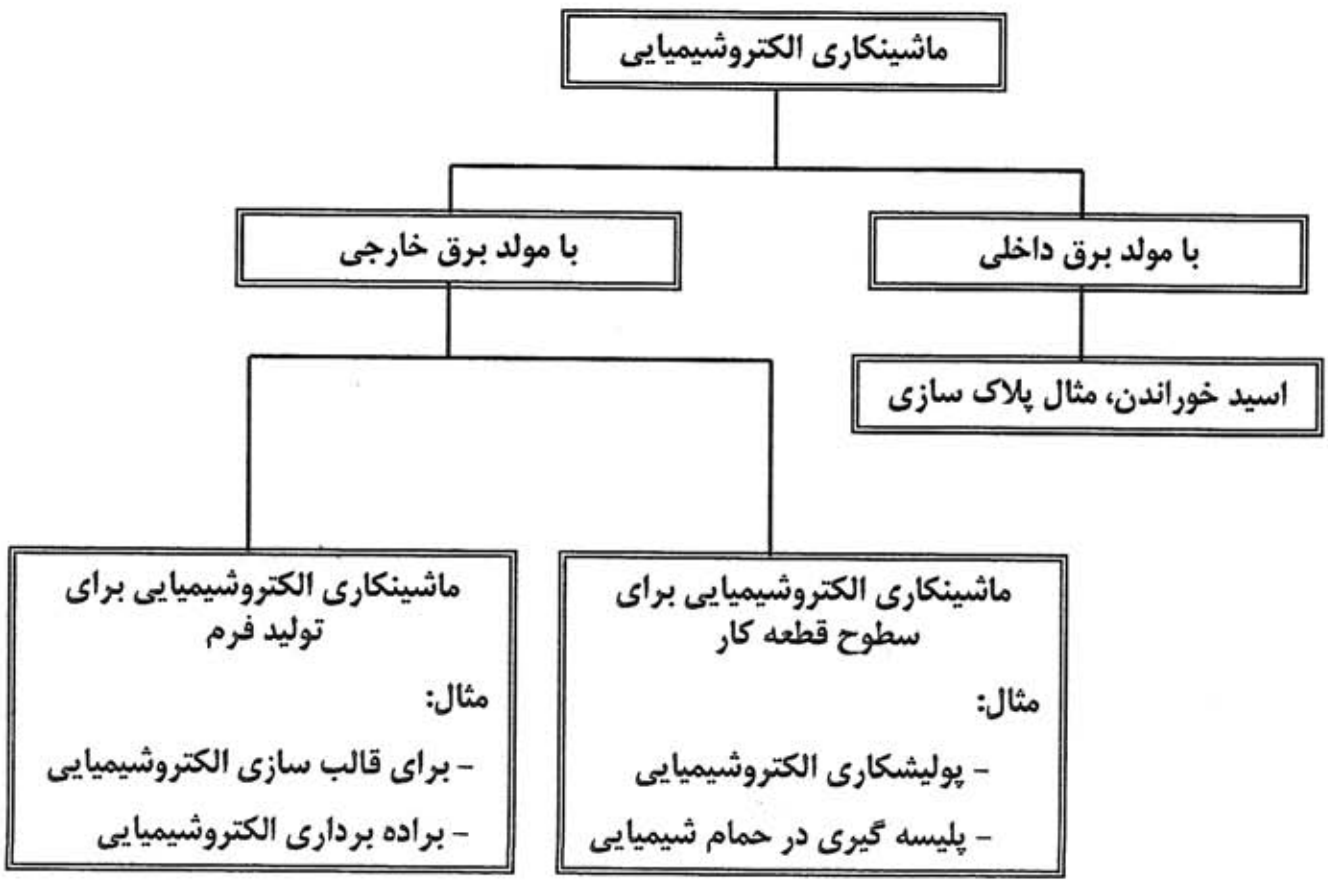
بجای استفاده از ساچمه ها از جنس های فلزی و یا سرامیکی میتوان گاز Co2 را که بصورت سیال است با استفاده از نازل ها و سیستم های مخصوص اول بصورت برف تغییر داد و بعد این برفها را بصورت ساچمه و یا شکل دیگری Pellets پرس کرد و این ساچمه ها Pellets را مانند روش ساچمه زنی بر روی قطعه کار کوبید.

ویژگی این ساچمه ها که از جنس Co2 هستند این است که بعد از برخورد با سطح قطعه کار مجدداً بصورت گاز در می آیند و از محیط خارج میشوند و تأثیر منفی بر روی محیط زیست ندارند.

این روش عموماً برای تمیز کردن سطوح قطعات از اکسیداسیون و یا لایه های رنگ استفاده میشود.

ماشینکاری با روش الکتروشیمیایی ECM

تعریف: ماشینکاری الکترو شیمیایی بمعنی جدا کردن ذرات از قطعه کار که به قطب مثبت" آند" وصل شده و در یک سیال الکترولیت قرار دارد میباشد. جریان برق مورد نیاز میتواند از یک مولد خارجی یا مولد داخلی باشد.



شکل ۱-۱۰ تقسیم بندی روش ماشینکاری الکتروشیمیایی

پرنسیب ماشینکاری الکتروشیمیائی ECM

در این روش ماشینکاری اجزاء قطعه کار بدون تماس مستقیم با ابزار از آن جدا میشوند. در این روش به قطعه کار هیچگونه فشار مکانیکی و یا گرمایی وارد نمیشود و در نتیجه خواص فیزیکی و یا شیمیایی آن تغییر نمیکند. جدا شدن ذرات از قطعه کار بر مبنای قانون فارادی Faraday انجام میگیرد که مقدار ذرات جدا شده بستگی مستقیم به شدت جریان و زمان کار دارد.

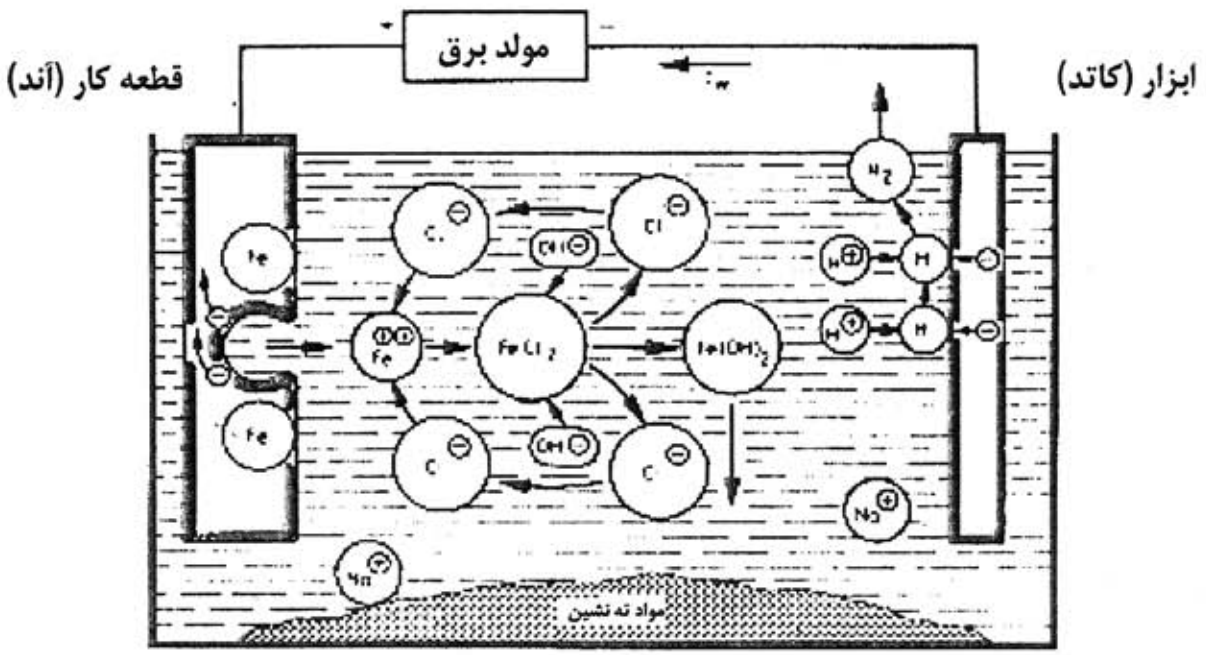
در روش ECM در یک ظرف که در آن سیال الکترولیت است دو قطعه فلز بعنوان الکترود قرار دارد که جریان برق مستقیم در آن جریان دارد.

قطعه کار الکترود مثبت (آند) میباشد مثلا فولاد، و ابزار الکترود منفی (کاتد) میباشد. الکترولیت معمولاً محلول آب نمک میباشد جریان برق از آند یک اتم آهن Fe با دو بار منفی جدا میکند و این اتم یونیزه شده وارد الکترولیت میشود. در مرحله اول این اتم با دو یون کلر که هر کدام یک بار دارند ترکیب میشوند و ایجاد "FeCl2" میکنند. بدلیل ترکیبات الکترولیت این ترتیب جدید "کلر آهن" با آب موجود در الکترولیت ترکیب حل ناشدنی جدیدی "$Fe(OH)_2$" هیدروکسید آهن را بوجود میآورد که در ظرف الکترولیت ته نشین میشود. در این شرایط کلرهای یونیزه شده مجدداً آزاد میشوند و میتوانند مجدداً با یون های آهن جدا شده ترکیب شوند و این تحولات زنجیره ای را ادامه دهند.

در برخورد یون هیدروژن با بار منفی از کاتد و یون هیدروژن با بار مثبت اتم هیدروژن ایجاد میشود که بصورت ملکول گاز از الکترولیت خارج میشود.

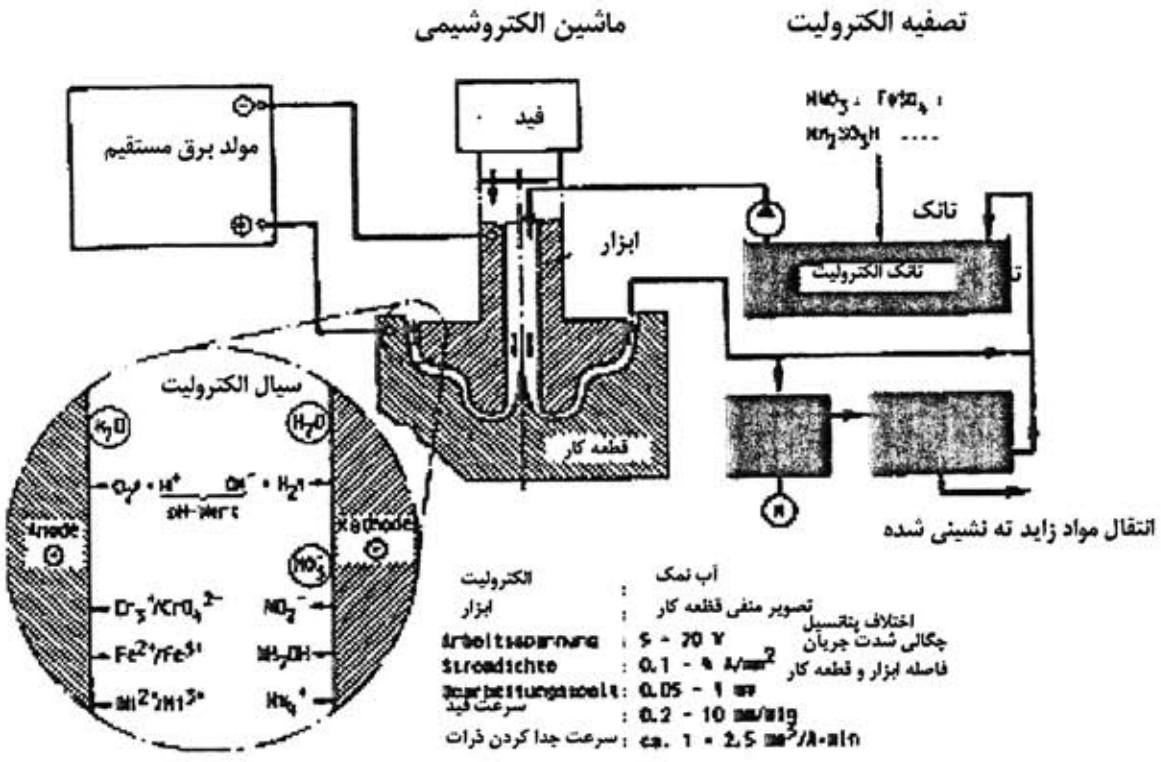
این روش جدا شدن اتمها از آند (قطعه کار) در تمام سطوح انجام میگیرد. با پوشاندن سطوحی که نباید از آن ذراتی جدا شوند میتوان دقیقاً ماشینکاری را به مناطقی که لازم است محدود نمود.

شکل ۲-۱۰ این پرنسیب را نمایش میدهد.



شکل ۲-۱۰ پرنسیب ماشینکاری الکتروشیمی ECM

پرنسیب ماشینکاری الکتروشیمی عمودی



شکل ۳-۱۰ پرنسیب ماشینکاری الکتروشیمی" عمودی"

یک مجموعه ماشینکاری الکتروشیمیایی برای تولید قطعات کار و قالبها تشکیل شده از سیستم آماده کردن و تصفیه الکترولیت سیستم تولید برق مستقیم و مجموعه ماشین با فید معمولاً عمودی. سیستم فید باید یکسان باشد و سرعت آن قابل تغییر از ۲۰-۰/۱ میلیمتر در دقیقه میباشد. سیال الکترولیت باید با فشار زیاد در داخل شیار بین ابزار و قطعه کار جریان داشته باشد (فشار پین ۵۰-۵ اتمسفر)

ویژگیهای روش ECM

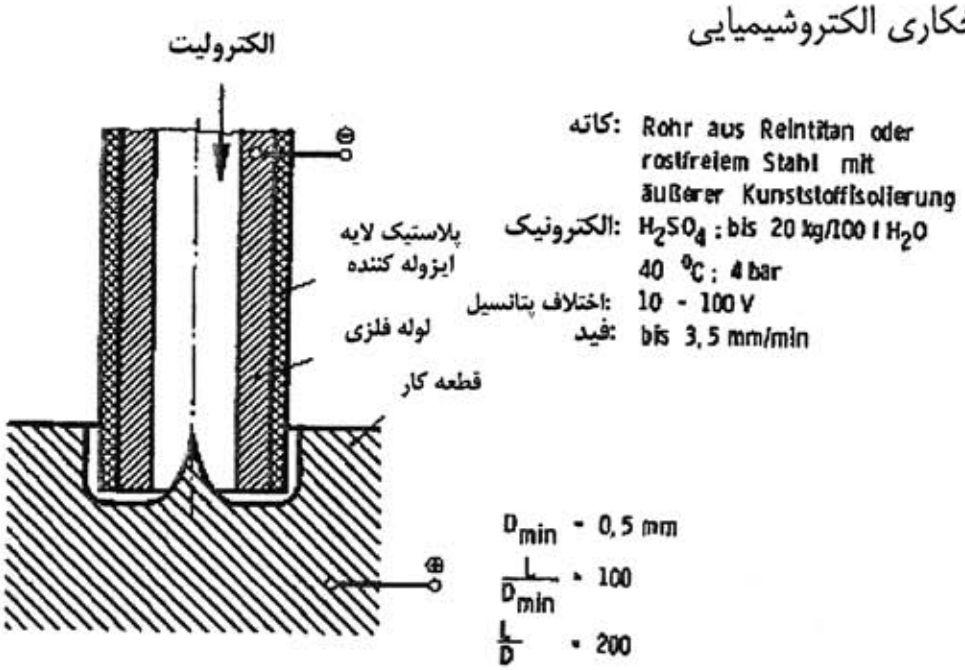
- انرژی الکتریکی در فرایند به گرما تبدیل میشود که باید از طریق الکترولیت از شیار بین قطعه کار و ابزار به خارج جریان یابد. اگر این گرما سریعاً انتقال نیابد باعث تغییر فرم قطعه کار خواهد شد.
- مولد جریان مستقیم برق اختلاف پتانسیل حداکثر ۳۰-۲۰ ولت دارد و تغییرات آن میتواند بر روی نتیجه کار تاثیر گذارد
- سیال الکترولیت باید تصفیه شود حرارت آن کم شود و با فشاری در حدود ۵۰-۵ بار بدرون شیار قطعه کار و ابزار جریان یابد
- طراحی ابزار و قطعه کار باید طوری باشد که گرما و ذرات جدا شده بتوانند سریعاً از داخل شیار به خارج جریان یابند
- سیال الکترولیت وظیفه دارد که ذرات یونیزه شده را بحرکت آورد و بر روی الکترودها (ابزار و قطعه کار) فرایند شیمیایی را برقرار نماید
- سیال الکترولیت باید:
  - ثبات شیمیایی داشته باشد
  - ویژگی اکسیداسیون نداشته باشد
  - برای محیط زیست کم ضرر باشد
- عمده سیالات برای الکترولیت عبارتند از:
  - آب نمک $NaCl$
  - محلول نیترات $NaNO_3$

روشهای کاربردی ویژه الکتروشیمیایی ECM

الف – در شرایطی برای بهتر شدن کیفیت سطح کار قطعاتی که از طریق EDM یا اسپارک تولید شده اند میتوان از روش ECM استفاده نمود.

در این روش قطعات در مرحله اولیه با سرعت زیاد از طریق EDM ماشینکاری میشوند که کیفیت سطح آنها در مرحله بعدی و در زمان کوتاهی از طریق ECM ماشینکاری میشود

ب – سوراخکاری الکتروشیمیایی



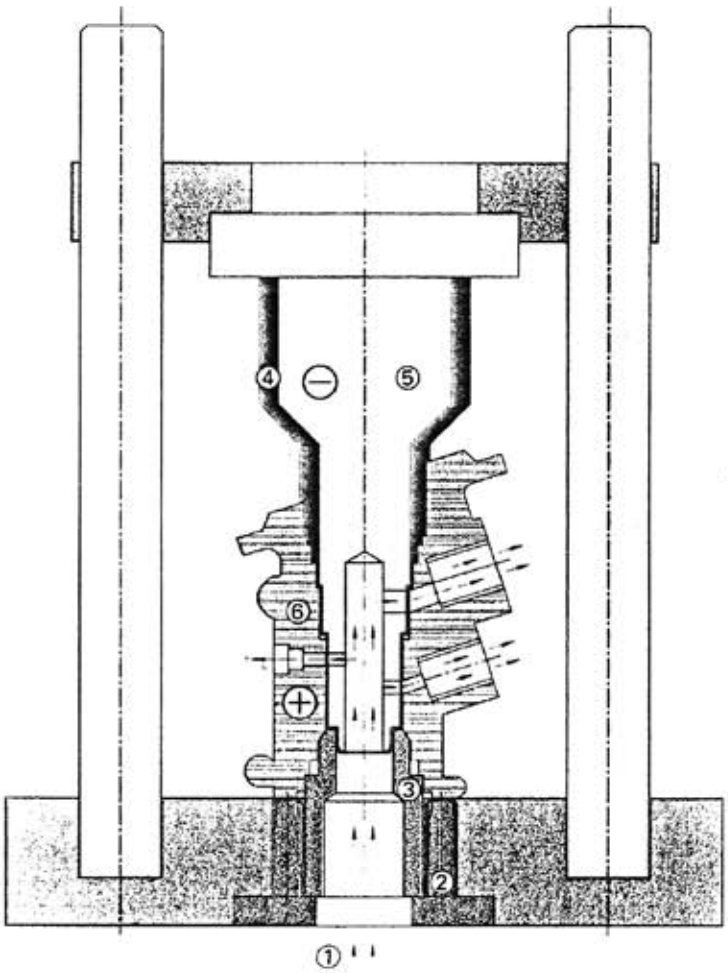
شکل ٤-١٠ سوراخکاری با روش ECM

در این روش میتوان سوراخهایی با قطر ۰/۵ میلیمتر و عمقی تا ۱۰۰ میلیمتر ایجاد کرد. نسبت عمق به قطر که در این روش ۲۰۰ میباشد با روشهای دیگر تقریباً ناممکن است لوله فلزی از جنس تیتان میباشد. یکی از کاربردها سوراخکاری پره های توربین ها میباشد.

پ- پلیسه گیری از طریق ECM

با این روش میتوان قطعات پیچیده که سطوح و لبه های زیادی دارند در یک پاس پلیسه گیری نمود.

شکل ۵-۱۰ پرنسیب این روش را نشان میدهد.



در این شکل:

۱- جریان الکترولیت
۲- آند
۳- فیکسچر نگهدارنده قطعه کار
٤-ایزولاسیون
٥-کاتد (ابزار)
٦- قطعه کار

شکل ۵-۱۰ پلیسه گیری از طریق ECM

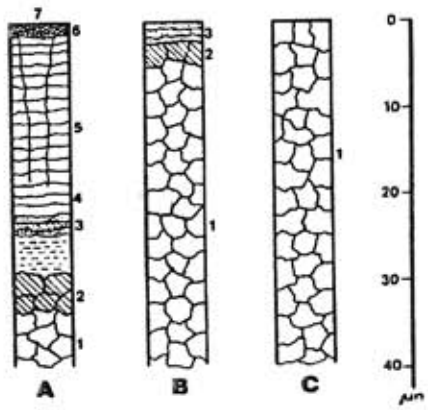
د-پولیشکاری الکتروشیمیایی

در روشهای ماشینکاری مکانیکی مانند تراشکاری، فرزکاری، سنگ زنی و ... لایه های بالائی قطعه کار بدلیل گرما و یا فشارهای مکانیکی بخصوص ساختمان کریستالی آنها تا حدودی بهم میخورد و یا حتی میتواند ترک های ریزی در آنها ایجاد شود و یا تنش های نا خواسته بر روی سطح و لایه های زیرسطح ایجاد شود.

در این تغییرات و تحولات میتوانند ذراتی از ماده خنک کننده یا از سایش ابزار ساختمان کریستالی قطعه کار وارد شوند و ویژگیهای قطعه کار را در روی سطح و یا حتی تا عمقی در حدود ۵۰ میکرون تغییر دهند.

با روش ECM که بدون گرما و فشارهای مکانیکی انجام میگیرد میتوانند این سطوح تغییر ساختمان یافته و یا ضربه دیده صیقل کاری شوند و از روی قطعه کار جدا شوند ساختمان اولیه قطعه کار را مجدداً ظاهر کنند و غیر از آن کیفیت زبری سطح را نیز بهتر کنند شکل ۶-۱۲ یک نمونه از این تحولات را نشان میدهد.

۱- آستینیت Austinit
۲- آستینیت و فریت تغییر شکل داده شده
۳- فریت سردکاری شده
٤- فریت سردکاری شده و آستینیت
٥- آستینیت تغییر شکل یافته
٦- کریستالهای تغییر شکل یافته با اکسیداسیون
۷- اکسیدهای مختلف



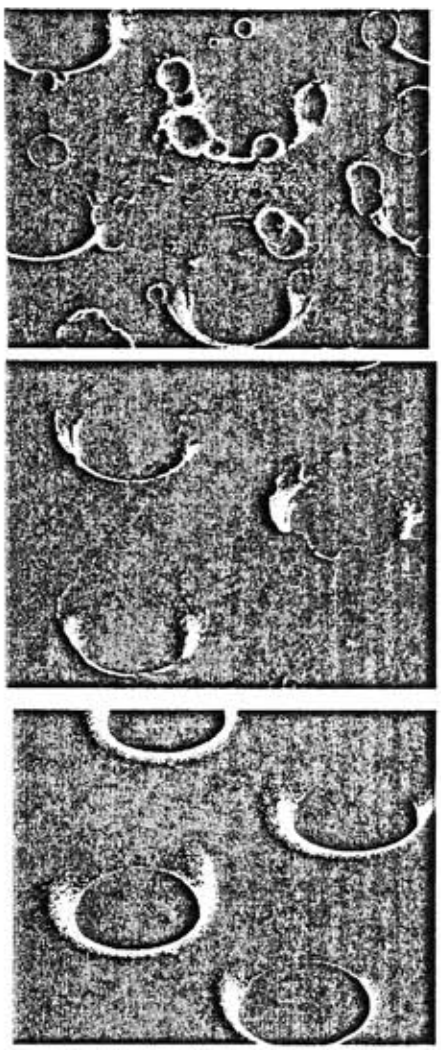
شکل ٦-۱۰ تأثیرات روش ماشینکاری بر روی سطح قطعه کار و لایه های زیرین

قطعه کار A=سنگ زده شده B=هونینگ شده C= پولیشکاری ECM

برای پولیشکاری ECM چگالی الکتریسیته بسیار کم بشود یعنی مقداری معین آمپر بر سانتیمتر مربع A/Cm2 (0.1-3)

مثال برای پولیشکاری و پلیسه گیری ECM

سطوح یک ورق برای فیلتراسیون بزرگ شده ۵۰ برابر



حالت بعد از تولید

سطح ورق در مرحله بعدی سنگ زده شده

بعد از ۱۰ دقیقه پولیشکاری ECM

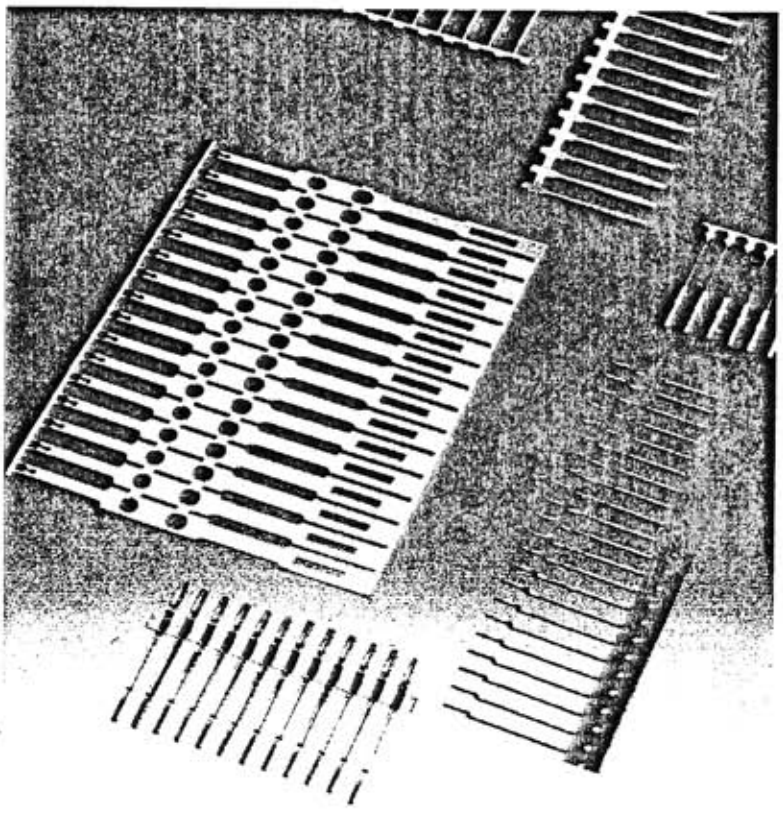
شکل ۷-۱۰ قدمهای مختلف برای پولیشکاری و پلیسه گیری ECM

قطعاتی که از طریق الکتروشیمی پولیشکاری میشوند دارای خواص زیر میباشند:

- *خاصیت اکسیداسیون کم میشود*
- *اصطحکاک سطح و سایش سطح کم میشود*
- *خاصیت جوشکاری و لحیم کاری بالا میرود*
- *خاصیت گالوانیزه کردن بالا میرود*
- *تمیز کاری سطح ساده میگردد*
- *جذب کثیفی بر روی سطح کم میگردد*

مثال برای پولیشکاری ECM

قطعات الکترونیکی از جنس برنز و نقره و یا برنج و یا مس بعد از پولیشکاری ECM. پلیسه های آنها از بین میرود و برای مرحله بعدی پوشش دهی و یا لحیم کاری شرایط آنها مناسب تر میشود



شکل ۸-۱۰ قطعات اتصالات الکترونیکی، از طریق ECM پولیشکاری شده

سایر روشهای ویژه ECM

غیر از روشهای نامبرده شده روشهای دیگری نیز وجود دارند که عبارتند از:

- نمک سود کردن Pickling,Solution,Pickle

جدا کردن لایه اکسید شده از سطح قطعات کار از طریق ECM و یا زبر کردن سطح قطعه کار

- اسید خوراندن etch

از این روش بعنوان مثال برای پلاک سازی استفاده میشود

- پلیسه گیری از طریق حمام قطعه کار

در این روش میتوان بعنوان مثال یک لایه و یا پوشش روی قطعه کار را از آن جدا کرد