

# ضرورت بررسی و توجه به تفاوت فرایندهای شات بلاست و شات پینینگ در صنایع خودروسازی

جواد قربانیان<sup>۱</sup> - عماد نیشابوری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> - واحد آموزش و مشاوره فنی شرکت فرآورده های فولادی ghorbanian\_just@yahoo.com

۲ - واحد فروش شرکت فرآورده های فولادی info@ab-shot.ir

این مقاله در ماهنامه صنعت ریخته گری - شماره 104 - اسفند 92 چاپ شده است

## چکیده:

دو فرایند شات بلاست و شات پینینگ جزو فرایندهای بلاستینگ (پاشش مواد ساینده) محسوب می گردند که هر یک نقش بسیار مهمی را در فرایند تولید قطعات فلزی در صنایع مختلف و خصوصا تولید قطعات خودرو و هواپیما برعهده دارند. اگرچه این دو فرایند تفاوت‌های اساسی در ماهیت و هدف انجام عملیات دارند، اما متأسفانه به دلیل شباهت ظاهری در روش انجام کار و نیز دستگاه‌های کاربردی، در بسیاری موارد با هم اشتباه گرفته می شوند و یا در نحوه انجام آنها دقت لازم به عمل نمی آید.

اگرچه تفاوت این دو فرایند در کشورهای پیشرفته امری کاملا بدیهی محسوب می گردد، اما در بسیاری از صنایع داخلی به دلیل عدم وجود یک استاندارد مشخص، عدم کنترل دقیق توسط مصرف کننده قطعات، عدم آموزش و آگاهی کامل و در برخی موارد جهت کاهش ظاهری هزینه های تولید بدان توجه کامل نشده است. لذا در این مقاله سعی شده است تا اصول کلی این فرایندها با نگاه تخصصی مورد بررسی قرار گیرد و تفاوت‌های این دو فرایند مشخص گردد.

## مقدمه:

بسیاری از قطعات مصرفی در صنایع پیشرفته هوا فضا و خودروسازی همچون فنرها، میل لنگ ها، چرخ دنده ها، سوپاپ ها، دیسک ها، پره توربین ها، کمپرسورها، شاتون ها و ... تحت سیکل های متناوب اعمال نیرو می باشند. اعمال تنش های فشاری و کششی متناوب و تکراری در این نوع قطعات یکی از مهمترین عوامل شکست ناگهانی آنها محسوب می شود.

یکی از روش های افزایش عمر این نوع قطعات، انجام کار سرد و تولید تنش های پسماند فشاری در سطح آنها است. به منظور تولید تنش های فشاری در سطح یک جسم با هر ابعاد و هندسه ای، می توان از عملیات شات پینینگ استفاده نمود. شات پینینگ باعث می شود عمر خستگی این قطعات در برخی موارد تا ۱۰۰۰ درصد (حدود ده برابر) افزایش یابد. این میزان افزایش عمر قابل توجه تنها با انجام این فرایند که عملیاتی ساده و کم هزینه است امکان پذیر گردیده است.

مشابهت این روش با فرایند شات بلاست به عنوان یکی از مراحل نهایی در تمام کاری قطعات ریخته گری شده، باعث شده تا برخی از صنعتگران در درک اهمیت و ضرورت این فرایند دچار اشتباه گردند و حتی در برخی موارد هر دو فرایند را یکی دانسته و عملیات شات پینینگ را بدون آگاهی از هدف آن و با روشی غیر علمی و تنها بصورت کارگاهی و با روشی مشابه شات بلاست انجام دهند. حال آنکه این دو فرایند اگرچه در ظاهر شبیه به هم می باشند ولی در هدف و عملکرد بسیار متفاوت هستند. لذا در ادامه سعی می شود تا ضمن معرفی این دو فرایند، لزوم توجه به تفاوت‌های آنها بررسی گردد.

## فرایند پاشش مواد ساینده:

فرایند پاشش مواد ساینده یکی از مراحل نهایی تمامکاری در تولید انواع قطعات صنعتی محسوب می گردد. انجام این عملیات از طریق پاشش مواد ساینده بر روی سطح قطعه تولیدی صورت می گیرد. این مواد ساینده با سرعت بالا به سطح قطعه پرتاب و با آن برخورد می کنند.

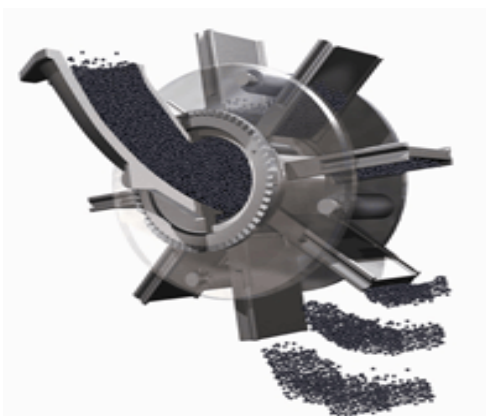
این برخورد با هدفهای مختلفی همچون حذف و زدودن انواع آلودگی های سطحی، حذف ماسه های ریخته گری پلیسه ها، پوسته ها، زنگ و هر نوع ناپیوستگی سطح قطعات، آماده سازی سطوح قطعات برای رنگ آمیزی یا پوشش دهی، افزایش عمر خستگی قطعات تحت بار دینامیک و..... بکار می رود. عملیات سرعت دهی و پاشش دهی مواد ساینده به دو روش اصلی انجام می گیرد که عبارتند از:

الف: روش توربینی (چرخ گردنده):

در این روش جهت شتاب دادن به مواد ساینده و پرتاب آنها به سمت قطعه از یک چرخ گردنده که خود از جنس مواد ضد سایش ساخته شده است و توربین نامیده می شود استفاده می شود. عملیات با ورود مواد ساینده به توربین آغاز می گردد و توسط توربین یا توربین های دستگاه، با سرعت بالا به سمت قطعه پرتاب می شوند و عملیات تمیزکاری بدین شکل انجام می شود.

ب: روش استفاده از هوای پرفشار:

عملیات در این حالت شامل پرتاب مواد ساینده به سمت قطعه با استفاده از هوای پرفشار می باشد. روش کار بدین صورت است که مواد ساینده به داخل مخزن دستگاه شارژ میشوند و سپس بوسیله هوای فشرده تولیدی توسط کمپرسور با فشار و سرعت بالا به تفنگ نازل منتقل می شوند و از طریق تفنگ نازل به سطح قطعه پرتاب می شوند. (شکل ۱)



شکل ۱: روشهای پاشش مواد ساینده الف: روش توربینی چرخنده ب: نازل با فشار بالای هوا

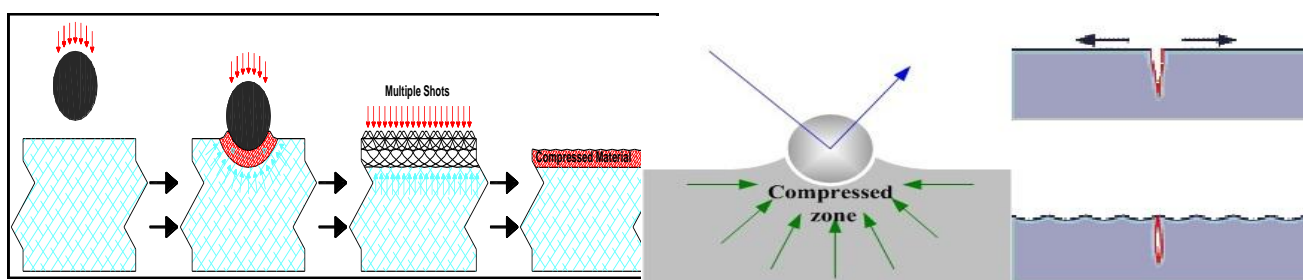
چنانکه عنوان شد اگرچه فرایند شات پینینگ و شات بلاست به روشهای مشابهی انجام می گیرند، اما تفاوتهای بسیار اساسی در تاثیر و ماهیت دارند. این تفاوتها را می توان در سه بخش اصلی زیر طبقه بندی کرد:

- هدف
- مواد ساینده
- ماشین آلات و کنترل فرایند

• هدف فرایند شات بلاست و شات پینینگ:

مهمترین تفاوت شات پینینگ و شات بلاست در هدف آنها می باشد. هدف اصلی در فرایند شات بلاست چنانکه اشاره شد، تمیزکاری و افزایش کیفیت سطحی قطعات می باشد. در این فرایند سطح لوله و ورق، قطعات ریخته گری شده، آهنگری شده و ... که معمولا آلوده به انواع آلودگی های سطحی مثل ماسه های ریخته گری، برآمدگی های سطحی، پلیسه ها، پوسته ها، زنگ و غیره می باشند، از طریق پاشش مواد ساینده بر روی آنها تمیزکاری و یا آماده رنگ آمیزی می شود. در حقیقت فرایند شات بلاست به

عنوان یکی از مراحل تمیزکاری و آماده سازی سطوح محسوب می گردد. حال آنکه فرایند شات پینینگ به عنوان یکی از مراحل نهایی تولید یک قطعه با هدف اصلی افزایش عمر خستگی قطعات انجام می شود. فرایند شات پینینگ جهت حذف شکستهای ناشی از خستگی قطعات که در سطح قطعه ایجاد شده اند بکار می رود. مکانیزم عمل بدین شکل است که در این فرایند سطح قطعات با جریانی پیوسته و با سرعت بالا از ساچمه های فولادی بمباران می شود. این ساچمه ها با برخورد سریع و یکنواخت با سطح قطعه، همچون میلیونها چکش کوچک عمل میکنند و سطح قطعه را با یک تنش فشاری مواجه می سازند. شکست خستگی در یک قطعه زمانی اتفاق می افتد که در سطح قطعه که در معرض تنش متناوب و تکراری کششی است ترک وجود داشته باشد. چنانچه این قطعه تحت قرار گیرد، این تنش متناوب موجب اشاعه ترک و رشد آن به سمت داخل قطعه و نهایتاً منجر به شکست قطعه می شود. از آنجا که بیشترین اثر تنش در سطح قطعه اعمال می شود و لذا سطح مستعد تولید ویا رشد ترک می باشد. ولی چنانچه به روش فوق در سطح قطعه تنش فشاری ایجاد شود، از اشاعه ترک جلوگیری شده و عمر خستگی قطعه افزایش می یابد.

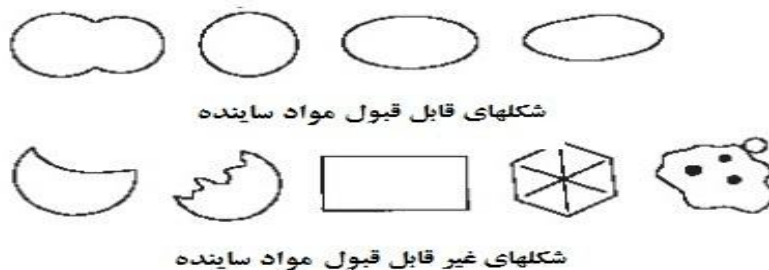


شکل ۲: تاثیر فرایند شات پینینگ بر روی سطح

#### • مواد ساینده:

از آنجا که هدف در شات پینینگ تولید سطحی با تنش فشاری یکنواخت می باشد لذا هر نوع خراش یا ترک بر روی سطح غیر قابل قبول بوده و باعث ضعف مقاومت به خستگی می باشد. لذا کلیه مواد قابل استفاده در فرایند شات بلاست ، در شات پینینگ کاربرد ندارند. تفاوت اصلی که بین مواد در این دو فرایند وجود دارد در جنس مواد مصرفی نمی باشد و بیشتر از لحاظ شکل مواد ساینده می باشد. بطور کلی در این فرایند از مواد مختلفی همچون ساچمه های فولادی پرکربن، کم کربن، ضد زنگ، شیشه ای، سرامیکی و یا محصولات کات وایر گرد شده با جنس های مختلف می توان استفاده کرد.

تفاوت اصلی در این است که مواد ساینده مصرفی در شات پینینگ حتماً باید گرد و بدون لبه های تیز و دندانه دار باشند و تا حد امکان از یکنواختی در سختی، چگالی و اندازه برخوردار باشند. در شکل ۳ مواد ساینده قابل قبول و غیر قابل قبول در شات پینینگ از لحاظ شکل مواد ساینده نشان داده شده است .



شکل ۳: شکل مواد ساینده قابل قبول و غیر قابل قبول در فرایند شات پینینگ

با توجه به این موضوع واضح است که گریت به هیچ عنوان در فرایند شات پینینگ قابل استفاده نمی باشد. مواد شات پینینگ باید دارای قطر و اندازه یکنواخت و نزدیک به هم باشند. زیرا انرژی منتقل شده توسط ساچمه، به جرم و سرعت ساچمه بستگی دارد و لذا ساچمه های بزرگتر دارای انرژی بالاتری بوده و تنش فشاری بیشتری اعمال می کنند. در صورت عدم یکنواختی در اندازه ساچمه ها، انرژی انتقالی نیز در نقاط مختلف متفاوت بوده و لذا عمر قطعه در نقاط مختلف نیز تغییر می کند.

#### • ماشین آلات و کنترل فرایند:

چنانکه عنوان شد هدف فرایند شات پینینگ افزایش عمر خستگی قطعات میباشد. این کار در دستگاه هایی که از نظر ظاهری مشابه دستگاه های شات بلاست می باشند صورت می پذیرد. اما نکته مهم این است که در این نوع دستگاهها کلیه پارامترهای تاثیر گذار بر تنش پسماند فشاری ایجاد شده باید کاملاً تحت کنترل باشند تا عملیات با موفقیت صورت گیرد.

چنانکه عنوان شد دستگاههای شات پینینگ (چه روش هوای فشرده و چه توربینی) مشابه دستگاههای شات بلاست از پنج بخش اصلی شامل: ابزار پاشش مواد ساینده، کابین پاشش، سیستم بازیابی (شامل جمع کننده مواد، الواتور و جدا کننده)، غبار گیر و سیستم کنترل فرمان تشکیل شده اند. به همین دلیل از لحاظ ظاهری مشابه دستگاههای شات بلاست هستند.

اما از آنجا که علاوه بر کلیه پارامترهایی که در شات بلاست کنترل میگردند، عوامل دیگری همچون مواد ساینده، شدت فرایند، درصد پوشش دهی سطح و یکنواختی سطح نیز باید در شات پینینگ کنترل گردد. به همین دلیل این نوع دستگاهها دارای تفاوتی در نحوه کار و سیستمهای همراه می باشند. علاوه بر آن دارای تجهیزات کمکی می باشند که انجام صحیح کار بدون آنها غیر ممکن است. برخی از این تجهیزات بر روی ماشین نصب شده اند و برخی دیگر در حین فرایند بکار می روند. برای اطمینان از صحت عملیات لازم است تجهیزات کنترل مواد ساینده بر روی ماشین نصب و اپراتور سایر فرایندها را بتواند بصورت دستی و یا خودکار کنترل نماید. در ادامه برخی از این تفاوتها مورد بررسی قرار می گیرد:

#### • الف: ابزار پاشش مواد ساینده:

ابزار پاشش مواد ساینده که توربین و یا نازل با فشار بالای هوا می باشد، در روشهای شات پینینگ و شات بلاست تفاوتی در ظاهر با هم ندارند. تفاوت اصلی آنها در سرعت پرتابش مواد ساینده، دقت در هدف گیری و مقدار ماده ساینده پرتابی توسط ابزار پاشش می باشد. از آنجا که هدف از بلاستینگ تمیز کاری و هدف از شات پینینگ کوبیدن سطح و تولید تنش فشاری میباشد، لذا مواد ساینده در شات پینینگ با انرژی جنبشی بیشتری باید به سطح قطعه پرتاب شوند. این کار از طریق افزایش سرعت مواد ساینده پرتابی انجام می شود. لذا ابزار پاشش در شات پینینگ باید طوری طراحی گردد که بتواند مواد ساینده را با سرعت بالاتری پرتاب کند. مثلاً توربینهای دستگاه شات پینینگ طوری طراحی می گردند که قادرند مواد ساینده را با سرعتی بین ۷۵ تا ۱۰۰ متر بر ثانیه پرتاب کنند. حال آنکه توربینهای فرایند شات بلاست مواد ساینده را با سرعتی بین ۵۵ تا ۷۵ متر بر ثانیه پرتاب می کنند. علاوه بر آن برای آنکه بتوان قطعه را در حالت های متفاوتی به گردش درآورد از شابلون ها و فیکسچر های متفاوتی جهت کنترل وضعیت قطعه استفاده می شود. (شکل ۴)

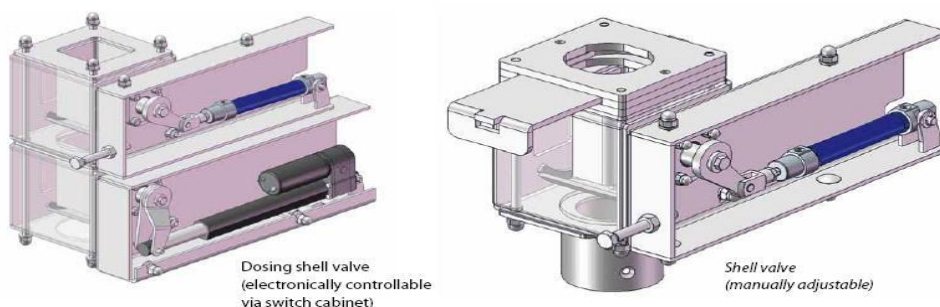
در روش نازل با هوای پرفشار، نیز تغییر سرعت با کنترل فشار انجام می شود. در این روش دستگاه حتماً باید مجهز به تنظیم کننده فشار باشد تا بتوان شدت پاشش را بر اساس نیاز تغییر داد. با این کار ضمن تغییر شدت از طریق تغییر در اندازه مواد ساینده، با تغییر سرعت پاشش هم می توان شدت های پاشش متفاوت تولید کرد. علاوه بر آن اگرچه روش هوای پر فشار با سیستم کنترل دستی در شات بلاست استفاده می گردد، اما در شات پینینگ، به دلیل لزوم یکنواختی در نحوه انجام کار باید از سیستم های خودکار و مجهز به ربات استفاده گردد یا آنکه نازل در محلهای مشخص که بر اساس شکل قطعه انتخاب می گردد تثبیت گردد تا ضمن تعیین دقیق محل پاشش و زاویه پرتابش، کل فرایند با شدت مشخص، زمان یکسان و بصورت یکنواخت انجام گردد. (شکل ۴) در واقع در

عملیات پینینگ با بکارگیری انواع تجهیزات اتوماتیک و انواع ترفند ها سعی می شود که از دخالت دست جلوگیری شود تا یکنواختی فرایند حفظ گردد.



شکل ۴: نازل‌های فرایند شات پینینگ برای قطعات مختلف خودرو

یکی دیگر از مواردی که در دستگاه شات پینینگ باید کنترل گردد ، مقدار ماده ساینده ورودی به توربین یا نازل پاشش می باشد. به همین دلیل امروزه از تجهیزات کنترل مقدار ورودی مواد ساینده همچون انواع دمپرها، شیر های برقی، پنوماتیکی و یا مغناطیسی و نرم افزارهای همراه جهت نظارت بر توزیع مواد ساینده استفاده می شود تا شار مناسبی از مواد ساینده به سطح قطعه برخورد نماید. (شکل ۵) چنانچه ماشین شات پینینگ فاقد تجهیزات فوق باشد توانایی انجام فرایند پینینگ را بصورت کامل و درست نخواهد داشت.



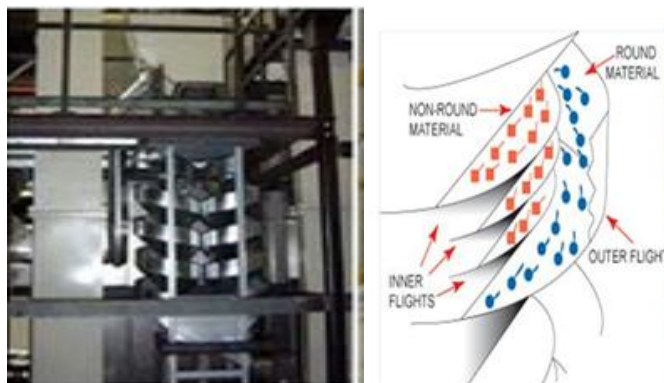
شکل ۵: سیستمهای تنظیم مقدار ساینده ورودی به ابزار پاشش (راست: سیستم کنترل دستی چپ: سیستم کنترل اتوماتیک)

#### • ب: سیستم جداکننده و غبارگیر مواد ساینده:

مجموعه سیستم جداکننده و غبارگیر مواد ساینده مشابه سیستم گوارش و سیستم تنفسی بدن برای دستگاه شات بلاست محسوب می گردند و وظیفه جمع آوری و حذف گرد و غبار و ذرات معلق در ماشین و بازگرداندن ساچمه سالم به توربینها را بر عهده دارند. با توجه به اهمیت شکل مواد ساینده در فرایند شات پینینگ، حذف و جداسازی ساچمه های شکسته و گوشه دار شده از بین ساچمه های سالم بسیار ضروری میباشد. زیرا که گوشه دار شدن ساچمه، خود می تواند در سطح تولید خراش و مشکل نماید. علاوه بر آن استفاده از ساچمه در سیکل های متعدد به تدریج باعث کاهش قطر آن شده و بر راندمان کاری آن تأثیر می گذارد. چنانچه اندازه و قطر ساچمه ها یکسان و یکنواخت نباشد و اختلاف اندازه بیش از حد باشد، موجب تأثیر متفاوت هر یک از ساچمه ها بر روی سطح می شود و سطح بصورت غیر یکنواخت تحت تنش فشاری قرار می گیرد در نتیجه سطح دارای یکنواختی در افزایش استحکام خستگی نخواهد بود. وظیفه جدا سازی ساچمه های ریز یا شکسته شده بر عهده سیستم جداکننده و غبارگیر دستگاه می باشد. بنابراین علاوه بر کنترل دقیق و مستمر مواد ساینده، سیستم جداسازی آنها نیز باید دقیق کار نماید.

به عنوان مثال در فرایند پاشش مواد ساینده، قطر بحرانی ساچمه خروجی (rejection size) عبارتست از: بزرگترین قطر ساچمه ای که باید توسط سیستم جداکننده دستگاه از چرخه مصرف خارج شود. تعیین این اندازه بسیار مهم بوده و با توجه به نوع و هدف فرایند مشخص می گردد. مثلاً از آنجا که در فرایند شات پینینگ یکنواختی شدت و لایه فشرده ایجاد شده در سطح بسیار مهم بوده و نباید تغییر کند، قطر بحرانی ساچمه خروجی آن معادل نصف قطر اولیه ساچمه نو تعریف می گردد. در حالی که در مورد فرایند شات بلاست این مقدار حدود یک سوم سایز اولیه جهت فرایند ماسه زدایی در ریخته گری و یک چهارم سایز اولیه در فرایند تمیزکاری جهت پوسته زدایی تعریف شده است. این بدین معنی است که هرچه یکنواختی بیشتری در کیفیت سطحی مورد نظر باشد، قطر ساچمه های مصرفی نباید خیلی تغییر کرده و متفاوت باشد. به همین دلیل در دستگاه شات پینینگ، الکها، سیستم مکش و جداسازهای سیستم با دستگاه شات بلاست کمی تفاوت دارند.

علاوه بر آن از تجهیزات اضافی دیگری نیز همراه با سیستم جداکننده استفاده می شود. مثلاً با توجه به الزام در گرد بودن مواد ساینده در شات پینینگ، از یک ماریج و ویژه جهت جداسازی مواد گرد از غیر گرد استفاده می شود. این سیستم مانند سرسره ای ماریج است که بر اثر ریزش مواد ساینده بر روی آن و نیروی گریز از مرکز ذرات گرد را از غیر گرد جدا می نماید. (شکل ۵)



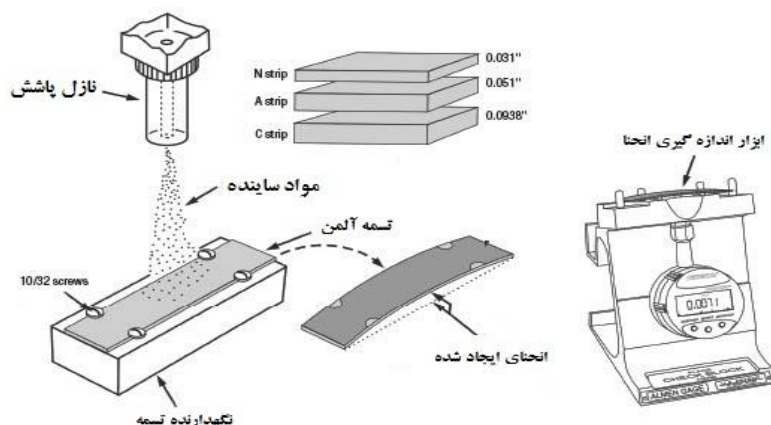
شکل ۵: سیستم جداسازی مواد گرد از غیر گرد در دستگاه شات پینینگ

### شدت جریان فرایند پاشش:

یکی از مهمترین عواملی که در کلیه فرایندهای بلاستینگ باید مورد توجه خاص قرارگیرد، میزان انرژی است که از طریق مواد ساینده به سطح قطعه انتقال می یابد. میزان انرژی انتقالی و کار انجام شده مستقیماً به اندازه و سرعت ساچمه بستگی دارد. با تغییر در این عوامل میتوان میزان و عمق تنشهای فشاری تولیدی را تغییر داد.

از آنجا که در فرایند شات پینینگ میزان تنش پسماند فشاری، عمق منطقه تحت تنش و نیز یکنواختی در مقاومت به خستگی به میزان انرژی منتقل شده توسط ساچمه ها بستگی دارد، لذا کنترل این عامل مهمترین عامل کنترلی محسوب می گردد.

از روش ساده ای برای محاسبه شدت پاشش استفاده می شود که آنرا آزمون آلمن می نامند. این آزمون قبل از انجام عملیات شات پینینگ بر روی قطعات اصلی، بصورت مجزا بر روی تسمه های آلمن انجام می شود. روش کار بدین شکل است که تسمه آلمن با استفاده از نگهدارنده مخصوص (فیکسچر) بر روی یک قطعه برگشتی یا ضایعاتی قرار می گیرد و به جای قطعه در داخل دستگاه شات بلاست مربوطه و در منطقه ای که بیشترین اثر پاشش را دارد، قرار می گیرد و سپس فرایند شات پینینگ بر روی مجموعه قطعه و نوار انجام می گردد. تسمه آلمن در ابتدا صاف است که تحت تأثیر پاشش و برخورد ساچمه ها خم شده و انحنایی در آن ایجاد می شود. ارتفاع انحنا ایجاد شده در آن توسط دستگاه اندازه گیری انحنا آلمن اندازه گیری می شود. میزان انحنا ایجاد شده معرف شدت جریان می باشد. بدیهی است هر چه این انحنا بیشتر باشد معرف بیشتر بودن شدت فرایند می باشد. در شکل شماره ۶ ابزارهای لازم برای انجام این فرایند نشان داده شده است.



شکل ۶: ابزارهای لازم برای انجام آزمون آلمن

### ۳- محدوده پوشش دهی (shot coverage):

یک نکته مهم که در شات پینینگ باید بدان توجه شود این است که کل سطح بصورت یکنواخت و همگن تحت پاشش قرار گیرد و اصطلاحاً پوشش دهی صد در صد تولید شود. محدوده پاشش عبارتست از اندازه گیری محدوده سطح اولیه ای که در حین عملیات تحت پاشش قرار می گیرد. زمانی که کل سطح قطعه تحت پاشش قرار گیرد، پوشش کامل ( ۱۰۰٪ ) صورت گرفته است. این پارامتر یکی از پارامترهایی است که در شات پینینگ باید مورد توجه قرار گیرد. اهمیت این عامل در شات پینینگ بدین دلیل است که چنانچه سطح مقطع پوشش دهی شده، صد در صد نباشد، احتمال شیوع ترک و رشد آن در منطقه ای که تحت پاشش قرار نگرفته است، وجود دارد. در نتیجه این نقاط مستعد ترک خستگی بوده و قطعه در آن نقاط ضعیف می باشد و لذا هدف اصلی این فرایند که افزایش عمر خستگی قطعات می باشد میسر نمی گردد. به همین دلیل از روش های اندازه گیری خاصی جهت بررسی و تعیین میزان پوشش دهی استفاده می شود. از عمومی ترین روش ها جهت بررسی این عامل می توان روش آزمون رنگ را نام برد. در این روش سطح قطعه رنگ شده و سپس تحت شات پینینگ قرار می گیرد. درصد پوشش دهی با توجه به مقدار رنگی که پس از شات پینینگ بر روی سطح باقی می ماند محاسبه می گردد. در واقع درصد پوشش دهی معادل با درصد رنگ حذف شده از سطح قطعه مذکور می باشد.

### جمع بندی:

با توجه به مطالب ذکر شده کاملاً مشخص است که بین دو فرایند شات بلاست و شات پینینگ تفاوت‌های بسیار زیادی چه در هدف و نحوه انجام کار و چه در تجهیزات بکار رفته وجود دارد. این موضوع اگرچه امری کاملاً بدیهی در کشورهای پیشرفته محسوب می گردد، اما متأسفانه به دلایل مختلف هنوز در برخی صنایع داخلی بدان توجه کامل نمی شود.

یکی از این دلایل عدم آموزش و اطلاع رسانی دقیق و عدم وجود استانداردهای تعریف شده می باشد. به عنوان مثال بسیاری از قطعات متحرک خودرو همچون فنر، میل لنگ، چرخ دنده، سوپاپ، شاتون و... بر اساس استاندارد تولید خود باید شات پینینگ شوند. اما به دلیل عدم وجود استاندارد الزامی از طرف خودرو سازان یا شات پینینگ نمی گردند و یا تنها در فرایندی مشابه فقط

بصورت صوری و بدون رعایت نکات علمی و عملی تحت پاشش مواد ساینده قرار می گیرند. حتی برخی از سازندگان دستگاه های شات پینینگ نیز در ساخت دستگاههای خود این نکات را مورد توجه قرار نمی دهند.

حال آنکه فرآیند شات پینینگ در صنایع پیشرفته ای مانند صنایع خودروسازی و هوا- فضا استفاده فراوانی دارد. قطعاتی همچون میل لنگ، سوپاپ، مینفولد آگزوز، پره ها، دیسک ها، پره توربین ها، کمپرسورها، محورها، قطعات مختلف هواپیما، چکش و سندان ها، بدنه دوچرخه ها، بدنه قایقها، لوله ها، میل بادامک و ... جهت افزایش عمر آنها تحت عملیات شات پینینگ قرار می گیرند. این فرآیند کم هزینه باعث می شود عمر خستگی این نوع قطعات در برخی موارد بین دو تا ده برابر افزایش یابد.

اگرچه شات پینینگ بیشتر در صنایع خودرو سازی و هواپیما سازی مورد توجه بوده است، اما امروز این تکنولوژی با توجه به مزایای ذکر شده فوق کاربردهای وسیعتری یافته و در راستای افزایش عمر خستگی قطعات، حذف حفرات سطحی و تغییر شکل و فرم دهی قطعات نیز استفاده می شود.



امروزه وجود واحد شات پینینگ قطعه به عنوان یکی از مراحل نهایی تمامکاری قطعه در چرخه تولید بسیاری از کارخانجات قطعه سازی مطرح دنیا الزامی است. استفاده از این روش، باعث افزایش عمر قطعات بسیار حساس و گران قیمت با صرف هزینه هایی اندک شده است و لذا باعث شده تا این تکنولوژی به سرعت رشد یافته و روشهای نوین و سرمایه گذاریهای علمی فراوانی بر روی آن انجام پذیرد. چنانکه کلیه خودروسازان مطرح دنیا، افزودن خط شات پینینگ را در تولید بسیاری از قطعات خود مثل انواع فنر، میل لنگ،

چرخدنده، میل تعادل و... الزامی اعلام نموده اند و سالیانه کنفرانسهای متعددی در سطح دنیا در خصوص شات پینینگ برگزار می گردد. لذا در این مقاله سعی شد تا جهت اطلاع صنعتگران محترم، این نکات مجدداً یادآوری و مورد بررسی قرار گیرد.

## مراجع

۱. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مقدمه ای بر شات بلاست و شات پینینگ" انتشارات دستان- بهار ۱۳۹۲
۲. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مروری بر فرآیند شات پینینگ و کاربردهای آن در صنعت" مجله صنعت ریخته گری، شماره ۷۲، آذر ۱۳۸۹
۳. میر نریمان یوزباشی، ساسان یزدانی، علیرضا ابراهیمی، "تأثیر عملیات ساچمه زنی بر رفتار خستگی فولاد 1045" مجموعه مقالات اولین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی و انجمن ریخته گری ایران، ۱۳۸۶
۴. مجید شمسی پور، محمد صالحی "بررسی فرآیند شات پینینگ و تاثیر آن بر عمر خستگی چرخدنده ها" دومین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید، ۱۳۸۸
۵. اصغر کاظمی، علی پیشگاه زاده، مهدی بحیرایی "تورشن بار: روش تولید، نحوه کارکرد و راه های افزایش عمر خستگی" ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته، ویژه فروردین ۳۸۸، سال اول، شماره ۵، ص ۴۹-۵۳

6. Metals Handbook , "Shot Peening", Vol. 15 , pp. 138 – 149
7. Champigane, J, "Shot Peening Overview", Shot Peening Conference, January 18, 2001.
8. I.Almen , "Shot Blasting To Increase Fatigue Resistance", SAE Journal (Transactions), Vol. 51
9. S. Chang, S. Lee and T.Tang, " Effect of Shot Peening Treatment on Forging Die Life" , Materials Transactions, Vol. 49, No. 3 (2008) pp. 619 to 623
10. Atsumi Hatano And Kunio Namiki, "Application Of Hard Shot Peening To Automotive Transmission Gears", International Congress & Exposition Detroit, Michigan February 1992, pp 24-28
11. "Shot Peening application", Ninth Edition, Metal Improvement Company, 2005



12. Dennis P. Townsend, Erwin V. Zaretsky" Effect of Shot peening on Surface Fatigue Life of Carburized and Hardened AISI 9310