آشنایی با توربین دستگاه شات بلاست و نقش آن در افزایش کیفیت و بهره وری فرآیند تمیزکاری(۱) *

■ جواد قربانیان*، عماد نیشابوری- شرکت فرآورده‌های فولادی

چکیده

فرآیند بلاستینگ یکی از مراحل تمام کاری در تولید انواع قطعات صنعتی است که امروزه یکی از مهم‌ترین روش‌های تمیزکاری محسوب می‌شود. در این روش سطح قطعات از طریق پاشش یک ماده ساینده (مثل شن، ساچمه فولادی، مسباره و...). که با سرعت بالا پرتاب می‌شود تمیزکاری می‌شود. این کار باعث حذف و زدودن انواع آلودگی‌های سطحی مثل ماسه ریخته‌گری، برآمدگی‌های سطحی، پلیسه‌ها، پوسته‌ها، زنگ و هر نوع ناپیوستگی در سطح قطعات می‌شود.

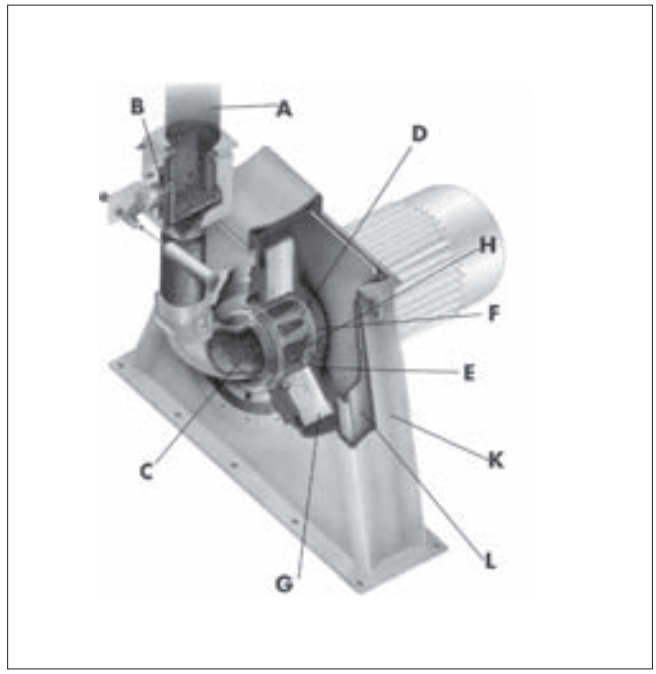
عمل پرتاب کردن و شتاب دادن به مواد ساینده یا با استفاده از توربین که یک چرخ گردنده است و یا با استفاده از تفنگ نازل و با فشار هوا انجام می‌گردد. متاسفانه هنوز نگاه صنعت کشور به این فرآیند، نگاهی غیر علمی و کارگاهی است و فرآیند شات بلاست در بسیاری از شرکت‌ها با هزینه بالا و بهره‌وری پایین در حال انجام است. به گونه‌ای که در بسیاری موارد، صنعت‌گر تنها عامل به‌وجود آورنده هر نوع مشکل در فرآیند تمیزکاری قطعات را کیفیت مواد ساینده می‌داند و از نکات اصلی فرآیند که باعث وقوع خطا و عدم تمیزکاری می‌شود غافل است که این موضوع خود باعث صرف هزینه‌های بیشتر می‌شود.

آنچه باید بدان توجه نمود این است که تمیزکاری درست و موثر زمانی قابل انجام است که ضمن انتخاب ماده ساینده مناسب، کلیه قسمت‌های دستگاه شات بلاست به‌خوبی طراحی و تنظیم شده باشند. از آنجا که توربین یکی از مهم‌ترین و البته پر هزینه‌ترین اجزای دستگاه است لذا در این مقاله سعی می‌شود تا ضمن معرفی انواع و مشخصات توربین، نقش آن در کیفیت تمیزکاری و بهره‌وری سیستم مشخص گردد و در مقالات بعدی سایر اجزای دستگاه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

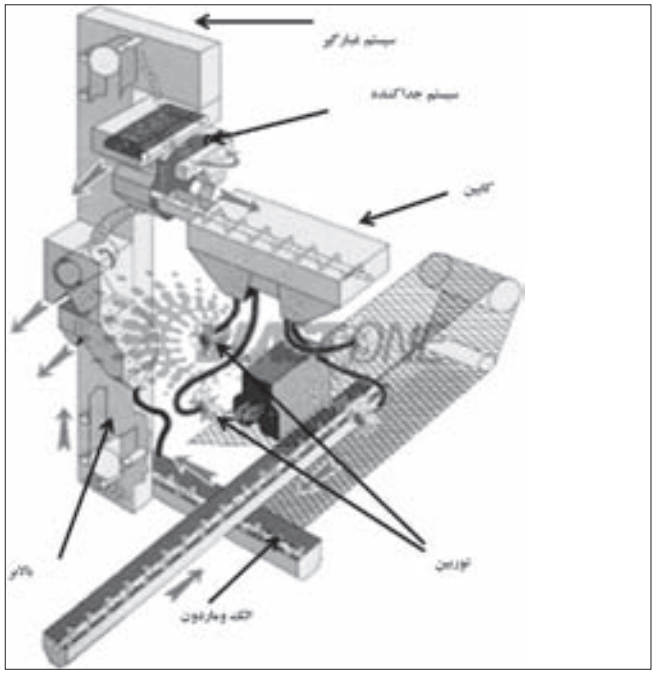
روش تمیزکاری پاششی از نوع توربینی (چرخ گردنده) (Airless یا Wheel Centrifugal)

در این روش عمل شتاب دادن و پرتاب مواد ساینده به سمت قطعه با استفاده از یک چرخ گردنده که توربین نامیده می‌شود، انجام می‌گردد. توربین ضمن چرخش از یک طرف به‌وسیله مواد ساینده تغذیه شده و از طرف دیگر این مواد را با سرعت بالا به سمت قطعه پرتاب می‌کند. (شکل۱) توربین و سایر اجزای مورد نیاز، بر روی اتاقکی نصب می‌شوند که مجموعه آنها دستگاه شات بلاست نامیده می‌شود. یک دستگاه شات بلاست ممکن است یک یا چند توربین داشته باشد. معمولا هر چه قطعات بزرگتر باشند جهت پوشش‌دهی کلیه سطوح آن‌ها تعداد توربین بیشتری مورد نیاز است. در این دستگاه جهت تمیزکاری سطح قطعات، در ابتدا مواد ساینده از مخزن ساچمه و توسط یک قیف هدایت کننده وارد توربین می‌گردد. توربین از طرف دیگر مواد ساینده را با سرعت و شتاب بالا به سمت قطعه پرتاب می‌کند. مواد ساینده پرتاب شده به سطح قطعه برخورد کرده و آن‌را تمیز می‌نمایند. پس از انجام عملیات تمیزکاری، مواد ساینده و سایر مواد تولید شده (ذرات ماسه کنده شده، اضافات و آشغال‌های تولیدی،گرد و غبار و...) وارد مخزن بازیافت که در قسمت زیرین دستگاه قرار گرفته است می‌شوند. مخزن بازیافت از طریق سیستم متحرک مواد مربوطه را به بالاترین قسمت دستگاه (قسمت جداکننده) منتقل می‌نماید. در قسمت جداکننده مواد ساینده از آشغال‌ها و ذرات درشت جدا می‌شود. همچنین گرد و غبار توسط سیستم مکش

* Email: ghorbanian_iust@yahoo.com



▲ شکل۱- اساس کار توربین



▲ شکل۲- مراحل انجام عملیات تمیزکاری پاششی

به قسمت جمع‌کننده گرد و غبار منتقل می‌شود و شن و ماسه و ذرات درشت نیز به بیرون دستگاه فرستاده می‌شوند. ساچمه‌های فولادی تفکیک شده، مجددا به توربین فرستاده می‌شوند و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. بر این اساس جهت تمیزکاری قطعات در کابین دستگاه شات بلاست، یک چرخه کامل به صورت متوالی در حال انجام است. این چرخه تا زمانی که مواد ساینده خرد شده و اندازه آن‌ها کوچک‌تر از حد استاندارد گردد، ادامه پیدا می‌کند. این مراحل در شکل ۲ نیز نشان داده شده است.

بر این اساس، اگرچه دستگاه‌های شات بلاست توربینی با شکل‌ها و قابلیت‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند، اما همه آن‌ها به‌صورت کلی دارای پنج جزء اصلی هستند که عملیات تمیزکاری توسط آن‌ها تکمیل می‌گردد. این اجزا اصلی عبارتند از :کابین یا محفظه دستگاه، توربین(چرخ گردنده)، سیستم انتقال مواد و بالابر، سیستم جداکننده مواد، سیستم غبارگیر.

عملکرد درست دستگاه شات بلاست به کارکرد صحیح کلیه قسمت‌های فوق بستگی دارد. از آنجا که توربین، قلب دستگاه محسوب می‌گردد، در این مقاله توربین و نقش آن در کیفیت تمیزکاری بررسی می‌شود.

توربین

چنانچه دستگاه شات بلاست به سیستم بدن انسان تشبیه شود، توربین را می‌توان قلب این سیستم نامید که وظیفه شتاب دادن به ساچمه و پرتاب مواد ساینده به سمت قطعه را با سرعت مشخص برعهده دارد. توربین از اجزای مختلفی تشکیل شده است که در شکل۳ نشان داده شده است.

مهم‌ترین اجزا توربین عبارتند از :

۱- لوله تغذیه کننده: وظیفه انتقال مواد ساینده از مخزن به قسمت روتور توربین را بر عهده دارد.

۲- روتور(impeller): روتور قسمت چرخنده توربین است که با چرخش دائمی خود مواد ساینده را از دریچه‌های خروجی خود به دریچه خروجی ساچمه که بر روی استاتور قرار گرفته منتقل می‌نماید. زمانی که یکی از دریچه‌های خروجی روتور با دریچه خروجی استاتور هم‌راستا گردد، ساچمه از روتور به استاتور و سپس بر روی پره‌ها منتقل می‌گردد.

۳- استاتور(Control cage): استاتور از اجزای ثابت توربین محسوب می‌گردد. ساچمه ها از دریچه خروجی استاتور بر روی پره‌های شتاب‌دهنده منتقل می‌شوند.

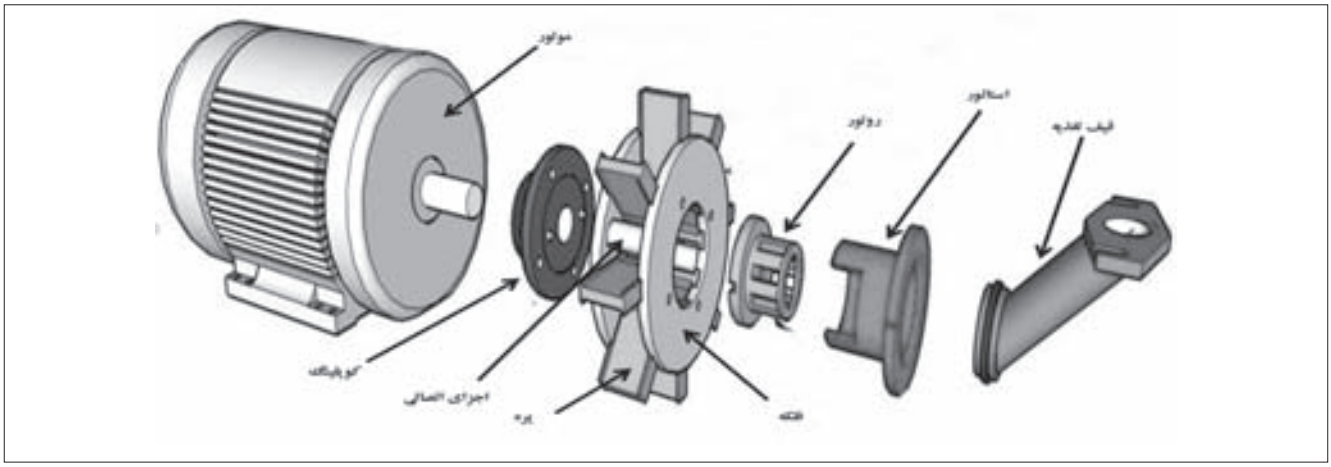
۴- پره‌ها: پره‌ها وظیفه هدایت و پرتاب ساچمه در مسیر مشخص به سمت قطعه را بر عهده دارند. توربین‌ها معمولا چهار، شش و یا هشت پره دارند. پره‌ها به سیستم متحرک و موتور متصل می‌باشند. با چرخش موتور با سرعت‌های مختلف (از ۱۸۰۰ تا ۳۶۰۰ دور در دقیقه) مواد ساینده با سرعتی معادل ۸۰-۶۰ متر بر ثانیه از توربین خارج شده و به سمت قطعه پرتاب می‌شوند.

۵- صفحه فلکه توربین: نقش نگهدارنده و اتصال‌دهنده قطعات را بر عهده دارد.

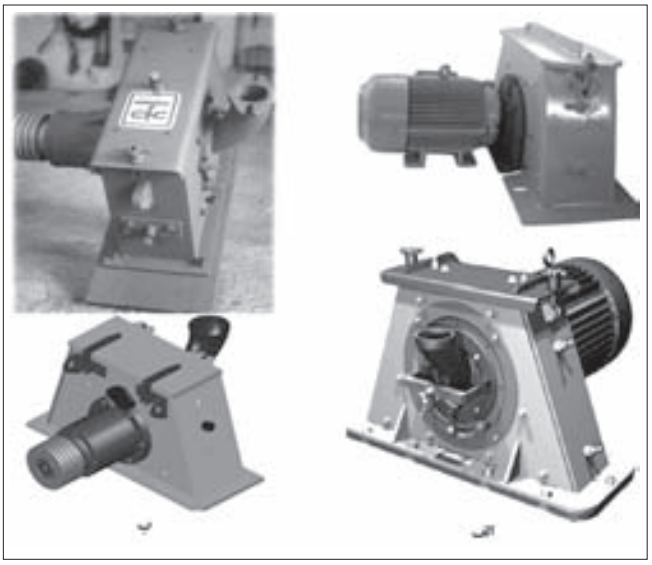
۶- تثبیت کننده‌ها و اجزای اتصالی: وظیفه ثابت نگهداشتن و اتصال اجزای توربین به هم و به موتور را برعهده دارند.

۷- موتور: وظیفه تامین نیروی لازم جهت چرخش فلکه توربین و پرتاب ساچمه را بر عهده دارد. اتصال موتور به توربین معمولا به دو صورت کلی اتصال مستقیم و اتصال غیرمستقیم (با پولی وتسمه) صورت می‌گیرد. در شکل ۴ این دو روش اتصال نشان داده شده‌اند. هر یک از این روش‌های اتصال، دارای مزایا و معایب خاص خود است که بر اساس شرایط دستگاه و توربین‌ها انتخاب می‌گردد. به‌عنوان مثال در روش اتصال مستقیم، فضای اشغالی و اجزای اتصال کمتری مورد نیاز است و توان موتور مستقیما و بدون کاهش به توربین منتقل می‌شود. ولی سر و صدا و امکان لرزش مجموعه توربین و موتور بیشتر است. در حالی‌که در روش اتصال غیر مستقیم عکس این حالت است. اما از سوی دیگر در روش اتصال غیر مستقیم به دلیل افزایش تعداد قطعات و اجزای اتصالی (مثل تسمه، پولی و...) احتمال خرابی اجزا افزایش یافته و هزینه تعمیر و نگهداری بالا می‌رود.

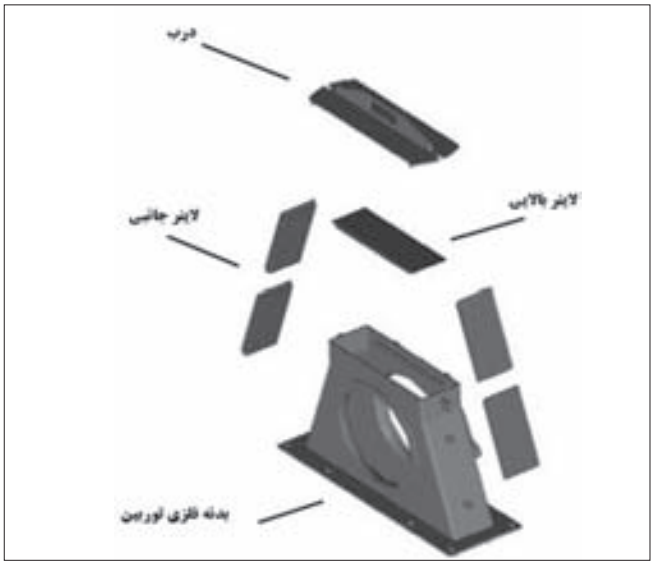
بدنه یا محفظه توربین: کلیه اجزای توربین درون یک فضای بسته قرار



▲ شکل۳- اجزاء اصلی یک توربین



▲ شکل ۴- روش‌های اتصال موتور به توربین (الف- اتصال مستقیم ب: اتصال غیر مستقیم)



▲ شکل ۵- بدنه و لاینرهای محافظ توربین

می‌گیرنـد که محفظه توربین نامیده می‌شـود. بدنه فولادی ایـن محفظه، خود با صفحات فلزی که لاینر نامیده می‌شـوند و از جنس مواد ضد سـایش هستند، پوشـانده می‌گردند. لاینرها در انواع و شـکل‌های مختلف سـاخته شده و جهت محافظت بدنه محفظه از خوردگی و سـایش ناشی از مواد ساینده به‌کار می‌روند. (مشابه شکل۵)

از آنجا که اجزای یک توربین در معرض سـایش دائمی ناشـی از تماس با مواد سـاینده هستند، بنابراین این اجزا در درجه اول باید از موادی با جنس مقاوم به سـایش انتخاب گردند و همچنین باید قابلیت تعویض سریع و راحت را داشته باشـند. به همین دلیل اکثر قطعات توربین مثل پره، روتور، اسـتاتورو لاینرها از جنس چدن ضدسـایش یا فولاد سـاخته می‌شوند و با عملیات حرارتی به خواص مطلوب می‌رسند. در طراحی اکثر توربین‌ها قابلیت تعویض آسان قطعات نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

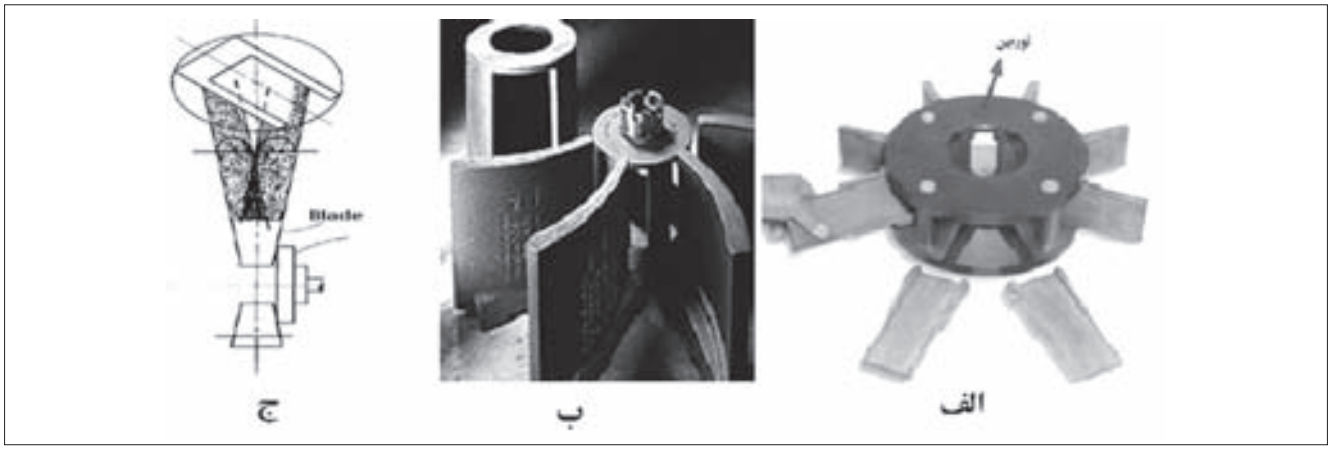
انواع توربین

اسـاس کار کلیه توربین‌ها یکسـان بوده و مشـابه آنچه ذکر شد، می باشد. آنچه در توربین‌ها تغییر می‌کند تنها اندازه، شکل و نحوه ساخت اجزای آن است.

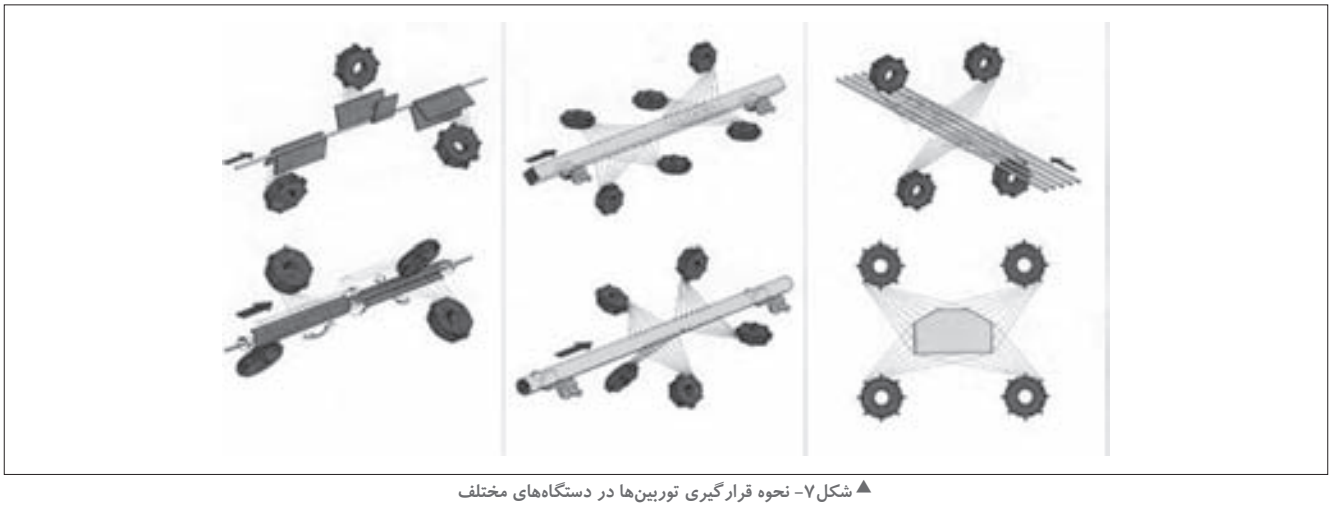
براین اسـاس اگرچه از دیدگاه‌های مختلف می‌توان توربین‌ها را طبقه‌بندی کرد، اما مهم‌ترین تقسیم‌بندی در مورد توربین‌ها، دسته‌بندی آن‌ها بر اساس نوع پره‌ها می‌باشد. توربین‌ها با توجه به نوع پره به سه دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

- توربین با پره‌های صاف
- توربین با پره‌های خمیده
- توربین با پره‌های زاویه‌دار

پره‌های صاف دارای سـطحی صاف و یکنواخت هستند. توربین با این نوع پره به دلیل شکل و طرح ساده، پرمصرف‌ترین نوع توربین محسوب می‌شود که در قطرهای مختلف و با توان موتور مختلف عرضه می‌گردد. توربین با پره‌های خمیده بعد از نوع اول طراحی و سـاخته شـدند. شـکل خمیده این پره‌ها باعث می‌شود که برآیند سرعت ساچمه پرتابی توسط این پره‌ها نسبت به ساچمه‌های پرتابی توسـط پره‌های صاف بیشـتر گردد. این امر به معنی امکان اسـتفاده از سـرعت دوران کمتر و در نتیجه کاهش میزان انرژی مصرفی اسـت. بنابراین توربین با پره‌های خمیده نسـبت بـه توربین با پره صـاف دارای مزایای: قطر کمتر، صدای کمتر و نیاز به سرعت چرخش کمتر (انرژی مصرفی کمتر) است. در توربین با پره‌های زاویه‌دار، پره‌ها دارای یک زاویه ۳ تا ۶ درجه مابین قسمت



▲ شکل ۶- انواع پره‌های توربین؛ الف: پره صاف ب: پره انحنادار ج- پره زاویه‌دار



▲ شکل۷- نحوه قرارگیری توربین‌ها در دستگاه‌های مختلف

جلو و عقب هستند که شکل پره را به‌صورت زاویه‌دار تبدیل نموده است. این کار باعث افزایش منطقه پاشش در این نوع توربین‌ها می‌شود. این نوع توربین در توان های بسیار بالا استفاده می‌شود و زمان مورد نیاز برای عملیات شات بلاست را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. در شکل ۶ انواع این پره‌ها نشان داده شده است.

وضعیت اجزای توربین و تاثیر آنها بر کیفیت فرآیند تمیزکاری

به دلیل سرعت بالای تمیزکاری در روش شات بلاست توربینی، این نوع دستگاه‌ها در صنعت مصرف بالایی داشته و از اهمیت بالایی برخوردارند. هر یک از این دستگاه‌ها خود دارای یک یا چند توربین هستند. جهت حفظ بازدهی دستگاه در حد مطلوب و انجام تمیزکاری موثر، نکات و موارد خاصی باید همواره مد نظر قرار گرفته و کنترل گردد. این موارد عبارتند از:

۱- بازدهی توربین و نرخ جریان مواد ساینده

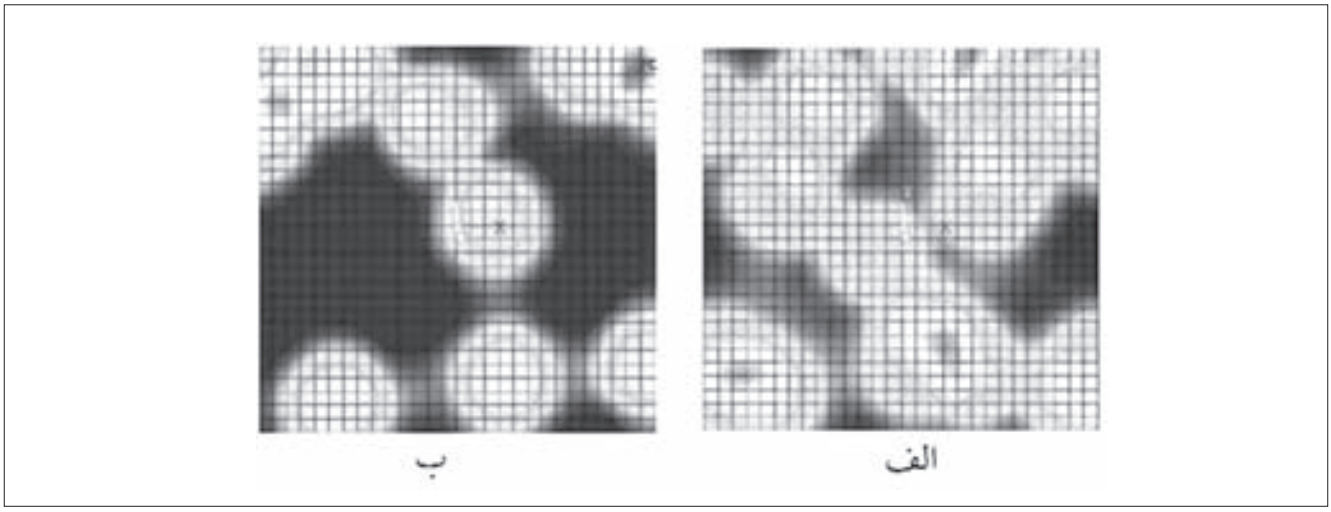
۲- الگوی پرتابش (مسیر پرتابش مواد ساینده، میزان پهنا و وسعت منطقه پاشش)

۳- وضعیت و شرایط اجزای توربین

بازدهی توربین و نرخ جریان مواد

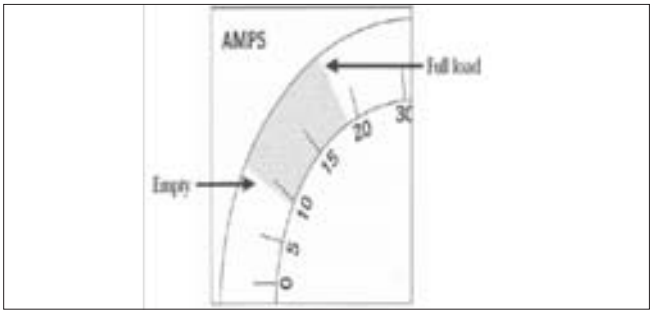
یک توربین زمانی بالاترین بازدهی را دارد که میزان مواد ورودی به توربین مقدار ثابت و مشخصی بوده و متناسب با توان موتور توربین

▲ شکل۸- منطقه اصلی پاشش



▲ شکل۹- دو نمونه از سطوح تمیز شده با درصدهای مختلف پوشش دهی الف: ۹۰ درصد پوشش دهی ب: ۶۶ درصد پوشش دهی

انتخاب شــده باشــد. دراین حالت توربین قادر خواهد بود کل مواد وارد شــده را با ســرعت مناســب پرتاب نماید. چنانچه مواد ســاینده به اندازه کافی وارد توربین نشــود (بار کامل نباشد) علاوه بر آنکه باعث کاهش سرعت تمیزکاری و نیــز عدم تمیزکاری کامل می‌شــود، باعث افزایش زمــان عملیات، افزایش هزینه‌ها، کاهش ســرعت خط تولید و سایش بیشتر قطعات توربین و دستگاه می‌شــود. برای کنترل مقدار مواد ورودی به توربین لازم اســت تا از شاخص کنترل کننده‌ای اســتفاده گردد. در دســتگاه های شات بلاست توربینی اولین شــاخص بررسی، عدد نشان داده شــده توسط آمپرسنج هر توربین است. این کار بدین شکل انجام می‌شود که مقدار جریانی که در هر لحظه توسط موتور مصرف می‌شــود، از روی صفحه آمپرســنج خوانده می‌شــود. از آنجاکه مقدار جریانــی که موتور هر توربین در حالت پر و خالی مصرف می کند، عدد ثابتی است (که به توان موتور توربین بستگی دارد)بنابراین اگردر طول زمان پاشش، ظرفیت موتور در بالاترین مقدار خود باشــد، ســاچمه پاشــی در سریع‌ترین و موثرتریــن حالت خود انجام می‌شــود. در غیر اینصــورت درصورت کم و زیاد شــدن اعداد خوانده شده، تنظیمات دستگاه باید مجددا انجام شود و لذا اپراتور دستگاه، با خواندن عدد آمپرسنج، به راحتی می‌تواند از وجود یک عیب فنی در دستگاه آگاه و جهت رفع عیب اقدام نماید.



الگوی پرتابش

یکی دیگر از عوامل بســیار حســاس در عملیات شات بلاست، تنظیم دقیق منطقه پرتابش مواد ســاینده اســت. این عامل که الگوی پرتابش نامیده می‌شود، خود دارای چهار مشــخصه است که عبارتند از: مســیر پرتابش، پهنای پرتابش، درصد پوشش‌دهی و منطقه اصلی پاشش مواد ساینده.

الف: مسیر پرتابش

مســیر پرتابش یا جهت درست پرتابش به معنی یافتن درست هدف و پرتاب ســاچمه در مسیر درســت جهت برخورد موثر با هدف اســت. چنانچه این مسیر درست تنظیم نگردد، می تواند باعث عدم تمیزکاری کامل قطعه کار، اتلاف مواد ســاینده و شکست و تخریب آن، افزایش فرسایش اجزای ماشین و مصرف بیش از حد مواد ساینده شود. مسیر پرتابش درست، مستقیما به مکان نصب توربین بر روی دستگاه شات بلاست ارتباط دارد و لذا در حین خرید و انتخاب دستگاه شات بلاســت، به طراحی دستگاه، تعداد و فاصله توربین‌های دستگاه، مکان قرارگیری توربین‌های دســتگاه جهت پاشش به کلیه ســطوح قطعه و انتخاب درست زاویه پرتابش آنها باید توجه ویژه نمود.

مــکان توربین‌ها و تعداد آنها با توجه به نحــوه چیدمان و قرارگیری قطعات در داخل دســتگاه باید به گونه‌ای انتخاب گردد که مواد ساینده مستقیما به سطح قطعات برخورد کرده و از برخورد مواد به ســایر اجزا دســتگاه جلوگیری گردد. در شــکل ۷ نحوه قرارگیری توربین‌ها در زوایــا و حالت‌های مختلف با توجه به نوع قطعات در دستگاه های مختلف نشان داده شده است.

ب: منطقه اصلی پاشش مواد ساینده (Hot spot)

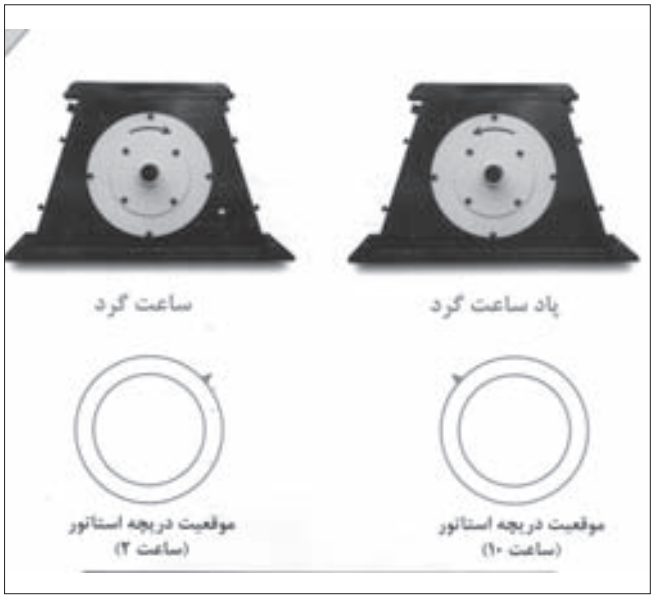
بنــا برتعریــف؛ منطقه اصلی پاشــش بــه معنی منطقه‌ای اســت که تحت شــدیدترین میزان پاشش ناشی از جریان ساچمه‌های فولادی قرار می‌گیرد. این منطقه در شــکل۸ نشــان داده شده اســت. عواملی همچون: اندازه و شکل مواد ســاینده، ساییدگی پره‌ها یا اجزای توربین و ســرعت موتور می‌توانند باعث تغییر در این منطقه گردند.

ج) محدوده پوشش‌دهی(Shot coverage)

محدوده پوشش‌دهی عبارت است از اندازه‌گیری محدوده سطح اولیه‌ای که در حین عملیات ساچمه‌پاشــی تحت پاشــش قرار می‌گیرد. زمانی که کل سطح قطعــه تحت پاشــش قرار گیرد، پوشــش کامل (۱۰۰٪) صورت گرفته اســت و چنانچه ســطح به صورت کامل تحت عملیات ساچمه‌پاشی قرار نگیرد این درصد کمتر خواهد بود. شــکل ۹ دو نمونه از ســطوح تمیز شــده با درصدهای مختلف پوشش‌دهی را نشان می‌دهد.

د) پهنای محدوده پاشش

پهنای محدوده پاشــش به ابعاد منطقه تحت پاشــش اطلاق می‌گردد. این



▲ شکل ۱۰- محل ثابت کردن دریچه خروجی استاتور توربین

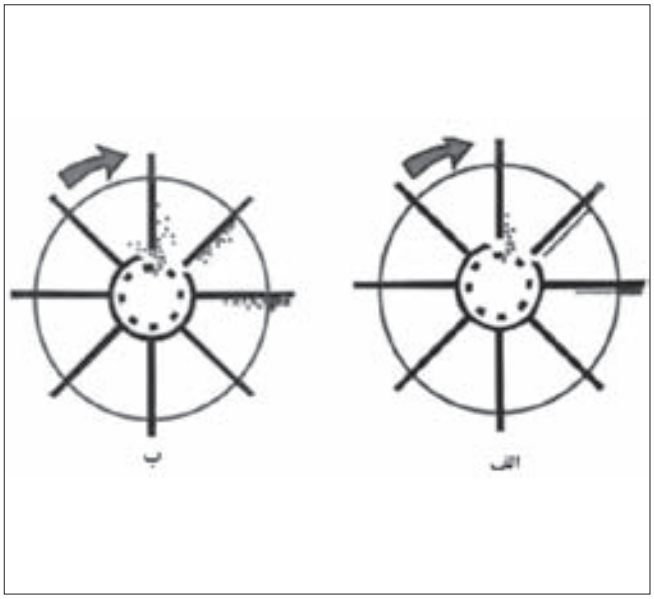
منطقه که تقریبا بیضی شـکل اسـت دارای دو قطر کوچک و بزرگ است که در شکل ۸ نشان داده شده است. معمولا پهنای محدوده پاشش بر اساس طول قطر بزرگ این بیضی عنوان می‌گردد.

عوامل موثر بر الگوی پرتابش

مـوارد فوق تعیین‌کننده مشـخصات الگوی پرتابش یک توربین هسـتند. عوامل متعددی همچون شـکل دریچه خروج اسـتاتور، نوع پره‌ها و شـکل و اندازه آن‌هـا، قطر توربین و... بر الگوی پرتابش تاثیرگذار هسـتند. اما در یک توربین ثابـت، مهم‌ترین روش تنظیم الگوی پرتابش، تنظیم اسـتاتور،روتور و پره‌ها نسـبت به یکدیگر می‌باشـد. مسیر سـاچمه‌های فولادی پرتاب شده از توربین از طریق تنظیم دریچه خروجی اسـتاتور کنتـرل می‌گردد. بدین معنی که دریچه خروجی اسـتاتور کـه محل خروج سـاچمه‌ها و قرارگیری آن‌ها بر روی پره‌هـا می‌باشـد، بر روی یک توربین باید در موقعیت مکانی مشـخصی تنظیـم و ثابـت گردد. بدین معنی که چنانچه از سـمت قیـف تغذیه به فلکه توربین نگاه شـود و فلکه توربین مشابه صفحه یک ساعت در نظر گرفته شود، بـا در نظـر گرفتن جهت چرخش توربین، این نقطه تنظیمی حدود سـاعت دو در توربین‌های سـاعت گرد و سـاعت ده در توربین‌های پاد ساعت گرد است. (شکل۱۰).

برای اطمینان از اینکه این تنظیم به درسـتی انجام شـده است، باید نحوه پرتابش سـاچمه به‌طور منظم کنترل گردد. مخصوصـا زمانی که یکی از اجزای توربین و یا حتی نوع مواد سـاینده تعویض می‌گردد، این تنظیم باید حتما مجددا انجـام پذیرد. انتخاب بهترین الگو، باید با توجه به شـکل قطعه و بخش‌هایی از قطعه که باید تحت پاشش قرار گیرند، انجام شود.

جهـت کنتـرل نحوه پرتابش سـاچمه و به دسـت آوردن الگوی پرتابش دسـتگاه، ازآزمایش ساده (آزمون ورق) اسـتفاده می‌گردد. در این آزمایش یک صفحه فولادی رنگ شـده در موقعیت ثابتی در مقابـل توربین قرار می‌گیرد. سـپس عملیات شات بلاسـت به‌مدت پنج تا ده ثانیه (یا بیشتر) انجام می‌شود.



▲ شکل۱۱- الف: توزیع یکنواخت و همگن ساچمه بر روی پره‌ها ب: توزیع غیریکنواخت ساچمه بر روی پره‌ها به دلیل خوردگی استاتور

پس از اتمام عملیات محل پاشـش ساچمه بر روی صفحه علامت‌گذاری شده و بدین ترتیب الگوی پرتابش توربین به دسـت می‌آید. چنانچه دستگاه دارای چندیـن عدد توربین باشـد این آزمون بر روی کلیـه توربین‌ها بطور تک تک انجام می‌شود.

به‌طور کلی پرتابش مواد سـاینده در جهت و مسیر نامناسب ناشی از عواملی همچون: تنظیم اشـتباه استاتور، فرسودگی و سایش استاتور، فرسودگی و سایش روتور، فرسـودگی و سـایش پره‌ها، گرم شدن بیش از حد قطعات داخلی توربین، شـل بودن تسـمه توربین و بی‌ثبات بودن و ناپایداری مواد ساینده است. از موارد فوق، معمولا خوردگی و سـایش استاتور بیشـترین تاثیر را دارا می‌باشد. لازم به ذکر اسـت که اسـتاتور توربین، یکی از قطعاتی است که در ماشین شات بلاست باید مورد بررسـی دقیـق قرار گیرد. عـدم تنظیم دقیق این قطعـه (حتی وجود کوچکترین عیب در آن) باعث اثر تخریبی بالا و کاهش بازدهی دستگاه به مقدار قابل توجهی می‌شود.

لزوم تعویض اجزای فرسوده توربین

تحت شـرایط معمولی؛ دریچه‌های خروج ساچمه تعبیه شده بر روی روتور توربیـن به گونه‌ای تنظیم می‌شـوند که تزریق سـاچمه‌های فولادی بر روی پره‌هـای توربین فقط زمانی صـورت پذیرد که دریچه‌های روتور درسـت در مقابل پره‌ها قرار گرفته و هم‌راسـتا گردند.(مشابه شکل۱۱-الف). در این حالت سـاچمه‌های فولادی به‌صورت یکنواخت و همگن بر روی پره‌ها توزیع شـده و پرتابش مناسـبی صورت گرفته و عملیات تمیزکاری قطعه با کیفیت مناسب و به‌صورت یکنواخت انجام خواهد شـد. چنانچه هـر یک اجزای توربین دچار فرسـودگی و سـایش گردند، انتقال ساچمه توسـط دریچه خروجی استاتور بر روی پره‌ها به صورت درسـت انجام نشـده و مقداری از ساچمه‌ها به پشت پره منتقل می‌شـوند. این حالت باعث می‌شود که فرسایش اجزای توربین افزایش یابد، مقدار سـاچمه پرتاب شـده کاهش یابد و الگوی پرتابش نیز عوض شود. زیرا که توزیع سـاچمه‌ها به‌صورت منظم و همگن صورت نگرفته و ساچمه‌ها

▲ شکل ۱۲- خوردگی و از بین رفتن اجزای توربین

در حین کار با یکدیگر برخورد بیشتری نمایند که منجر به فرسودگی قطعات توربین از یک سو و شکست و از بین رفتن ساچمه از سوی دیگر می‌گردد. (مشابه شکل ۱۱-ب).

برخی از اجزای توربین که با مواد ساینده در تماس هستند، مثل قیف تغذیه‌کننده، لاینرهای محافظ، روتور، استاتور، پیچ های ثابت‌کننده و پره‌ها با گذشت زمان دچار فرسودگی و سایش می‌گردند. علاوه بر آن اجزایی مثل پیچ‌های توربین تحت بار دینامیک نیز قرار دارند و لذا این اجزا باید از مقاومت به سایش و مقاومت به ضربه کافی برخوردار باشند. از آنجا که از لحاظ مهندسی این دو ویژگی (مقاومت به سایش و مقاومت به ضربه) عکس یکدیگر محسوب می‌گردند، لذا در انتخاب مواد، طراحی و ساخت این اجزا باید دقت بسیار نمود و بهینه‌ترین حالت را انتخاب نمود.

یکی دیگر از عوامل مهم، بالانس بودن پره‌های یک توربین از لحاظ وزنی می‌باشد. عدم هم وزن بودن پره‌های توربین باعث نوسان پره‌ها و خارج شدن توربین از حالت تنظیم شده می‌گردد. برای تعویض و جایگزینی قسمت‌های فرسوده توربین، ماشین شات بلاست باید متوقف شود و این توقف به معنای توقف در فرآیند تولید است. بنابراین جایگزینی اجزا تا جایی که امکان دارد، باید کمتر صورت پذیرد. اگرچه قیمت تعویض اجزای توربین تنها ۱۵٪ هزینه شات بلاست تخمین زده شده است، اما تعویض‌های متعدد اجزاء، به دلیل تعمیرات غلط دستگاه و استفاده از قطعات از جنس‌های نامرغوب، می‌تواند این مقدار را به عدد بسیار بالاتری تبدیل نماید. لذا استفاده از اجزای ارزان قیمت و بدون کیفیت که منجر به خوابش متعدد خط تولید شود به هیچ عنوان مقرون به صرفه نمی‌باشد. به همین دلیل در ساخت این اجزا از مواد مقاوم به سایش با کیفیت بالا همچون چدن‌های سفید پر کروم استفاده می‌شود.

تجربیات نشان داده است که جابجا شدن منطقه اصلی پاشش به میزان ۱۰٪ می‌تواند باعث ۲۵ درصد کاهش در بازدهی تمیزکاری شود. برای اینکه پرتابش مواد ساینده در یک توربین همواره در مسیر مناسب خود صورت پذیرد، موارد زیر باید کنترل و بررسی گردد:

الگوی پرتابش توربین‌ها به صورت منظم بررسی و تعیین گردد. (با استفاده از آزمون ورق).

از آنجا که خوردگی اجزای توربین موجب تغییر در نحوه پرتابش و الگوی پرتابش می‌شود. اجزای توربین باید به صورت روزانه از لحاظ میزان خوردگی مورد بررسی قرار گیرند و موارد زیر کنترل گردند:

روتور: چنانکه لبه‌های هدایت‌کننده آن از یک هشتم اینچ خورده شده است، تعویض گردد.

استاتور: چنانچه لبه‌های دریچه خروجی بیش از یک چهارم اینچ خورده شده است، تعویض گردد.

پره‌ها: چنانکه خوردگی سطحی به اندازه یک دوم ضخامت پره ایجاد شده است، پره‌ها تعویض شود.

از ورود ماسه به ترکیب مواد ساینده که منجر به افزایش خوردگی قطعات و خارج شدن از حالت تنظیم شده می‌شود، باید جداً خودداری گردد. زمان‌های تعویض قطعات توربین دقیقاً ثبت و کنترل گردد.(جهت برآورد کار توربین زمان کار هر یک از اجزاء باید مورد بررسی باشد نه زمان کار توربین)

جمع بندی

چنانکه عنوان شد توربین از اجزای اصلی دستگاه شات بلاست بوده و به منزله قلب سیستم پاشش مواد ساینده محسوب می‌شود. بنابراین در انتخاب توربین دستگاه و نگهداری آن در حالت بهینه باید دقت ویژه‌ای نمود. اگرچه شرکت‌های متعددی وجود دارند که اقدام به ساخت دستگاه‌های شات بلاست و نیز قطعات یدکی توربین می‌نمایند، اما در سطح بین‌المللی تنها چندین شرکت مطرح وجود دارند که صرفا به امر طراحی و ساخت توربین مشغول هستند و سازندگان دستگاه‌های شات بلاست ازتوربین‌های آن‌ها (یا مشابه آن‌ها) در دستگاه‌های خود استفاده می‌نمایند. این شرکت‌های بین‌المللی عبارتند از: Disa Gietart، Strahltechniek، Pangborn، wheelAbrator، و.....

در این میان اگرچه سازندگان داخلی دستگاه‌های شات بلاست کشور از توربین‌های متنوعی در ماشین‌های خود استفاده نموده‌اند، اما اخیرا طراحی و تولید توربین در داخل کشور نیز آغاز شده است. از جمله این سازندگان می‌توان به شرکت تامین گستران صنعت اشاره نمود که علاوه بر ساخت توربین‌های متداول داخلی، طراحی و ساخت توربین‌های انحنادار را نیز در کارنامه کاری خود قرار داده است.

نکته مهمی که در انتخاب یک توربین باید حتما مد نظر قرار گیرد این است که اکثر قطعات توربین مصرفی بوده و مرتبا باید تعویض شوند و لذا نقش مهمی در هزینه‌های جاری فرآیند دارند. لذا امکان تامین و در دسترس بودن قطعات یدکی با کیفیت بالا، امری مهم در انتخاب توربین دستگاه است. که مصرف‌کنندگان این نوع دستگاه‌ها باید بدان توجه نمایند. پس از انتخاب یک دستگاه شات بلاست و توربین مربوطه، جهت حفظ راندمان توربین در شرایط بهینه خود، کلیه موارد ذکر شده در این مقاله (و مقالات بعدی) باید به طور دایمی کنترل و تنظیم شوند.

منابع

1- Metals Handbook ، "Shot Peening"،Vol. 15
2-Timo inkler،Bad Friedrichshall،"BlastingWith Steel"،Giesserei Journal، March 2006
۳- شبکه جهانی اینترنت