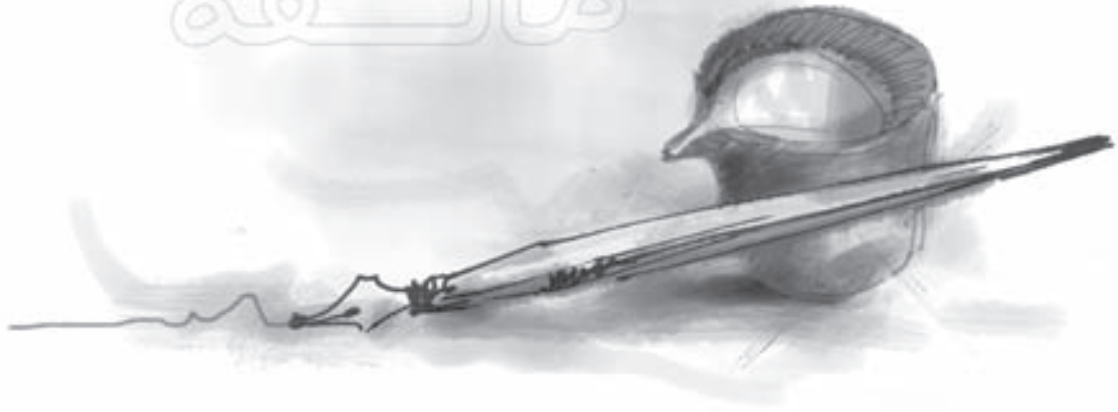


# مقاله



## آشنایی با توربین دستگاشات بلاست و نقش آن در افزایش کیفیت و بهره‌وری فرآیند تمیزکاری (۱)\*

■ جواد قربانیان\*، عماد نیشابوری - شرکت فرآورده‌های فولادی

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، مسبار 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. متأسفانه 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 به وجود 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 دستگاشات بلاست به خوبی طراحی و تنظیم شده باشند. از آنجا که توربین یکی از مهم‌ترین و البته پرهزینه‌ترین اجزای دستگاشات 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 دستگاشات مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

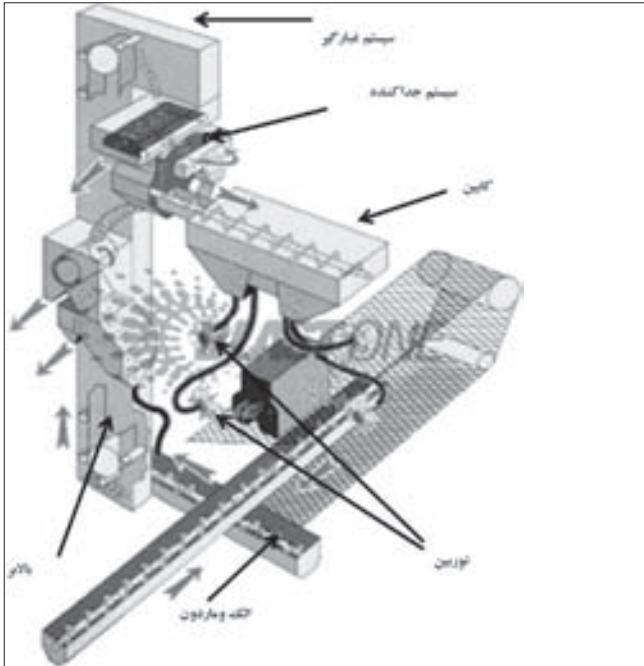
آن‌ها تعداد توربین بیشتری مورد نیاز است. در این دستگاشات جهت تمیزکاری سطح قطعات، در ابتدا مواد ساینده از مخزن ساچمه و توسط یک قیف هدایت کننده وارد توربین می‌گردد. توربین از طرف دیگر مواد ساینده را با سرعت و شتاب بالا به سمت قطعه پرتاب می‌کند. مواد ساینده پرتاب شده به سطح قطعه برخورد کرده و آن‌را تمیز 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 دستگاشات قرار گرفته است می‌شوند. مخزن بازیافت از طریق سیستم متحرک مواد مربوطه را به بالاترین قسمت دستگاشات (قسمت جداکننده) منتقل می‌نماید. در قسمت جداکننده مواد ساینده از آشغال‌ها و ذرات درشت جدا می‌شود. همچنین گرد و غبار توسط سیستم مکش

روش تمیزکاری پاششی از نوع توربینی (چرخ گردنده)

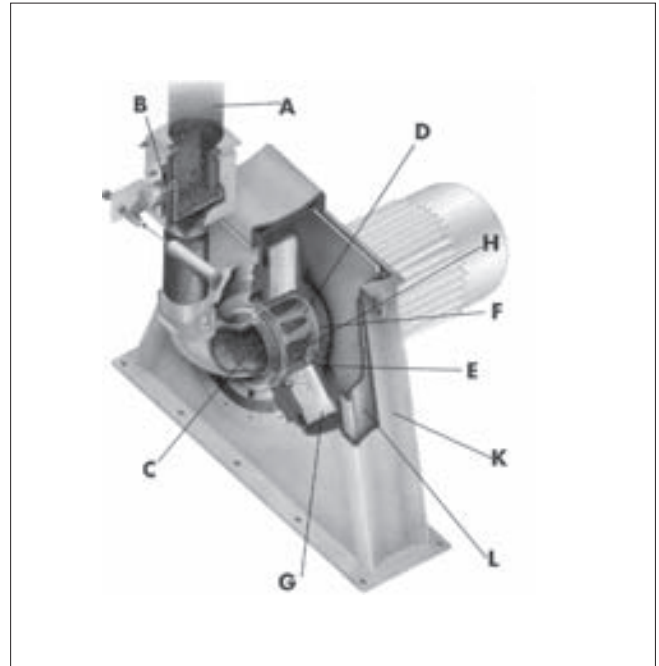
(Wheel Centrifugal یا Airless)

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 به وسیله مواد ساینده تغذیه شده و از طرف دیگر این مواد را با سرعت بالا به سمت قطعه پرتاب می‌کند. (شکل ۱) توربین و سایر اجزای مورد نیاز، بر روی اتاقکی نصب می‌شوند که مجموعه آنها دستگاشات بلاست نامیده می‌شود. یک دستگاشات بلاست ممکن است یک یا چند توربین داشته باشد. معمولاً هر چه قطعات بزرگتر باشند جهت پوشش‌دهی کلیه سطوح

\* Email: ghorbanian\_just@yahoo.com



▲ شکل ۲- مراحل انجام عملیات تمیز کاری پاششی



▲ شکل ۱- اساس کار توربین

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. ساچمه‌ها 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 معمولاً 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 ساییده خرد شده و اندازه متر بر ثانیه از توربین خارج شده و به سمت قطعه پرتاب می‌شوند.

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

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

۷- موتور: وظیفه تامین نیروی لازم جهت چرخش فلکه توربین و پرتاب ساچمه را بر عهده دارد. اتصال موتور به توربین معمولاً به دو صورت کلی اتصال مستقیم و اتصال غیرمستقیم (با پولی و تسمه) 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 مستقیماً و بدون کاهش به توربین منتقل می‌شود. ولی سر و صدا و امکان لرزش مجموعه توربین و موتور بیشتر است. در حالی که 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 اتصال (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

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، مجدداً به توربین فرستاده می‌شوند و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. بر این اساس جهت تمیز کاری قطعات در کابین دستگاه شات بلاست، یک چرخه کامل به صورت متوالی در حال انجام است. این چرخه تا زمانی که مواد ساییده 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 به صورت کلی دارای پنج جزء اصلی هستند که عملیات تمیز کاری توسط آن‌ها تکمیل می‌گردد. این اجزا اصلی عبارتند از: کابین یا محفظه دستگاه، توربین (چرخ‌گردنده)، 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 تمیز کاری بررسی می‌شود.

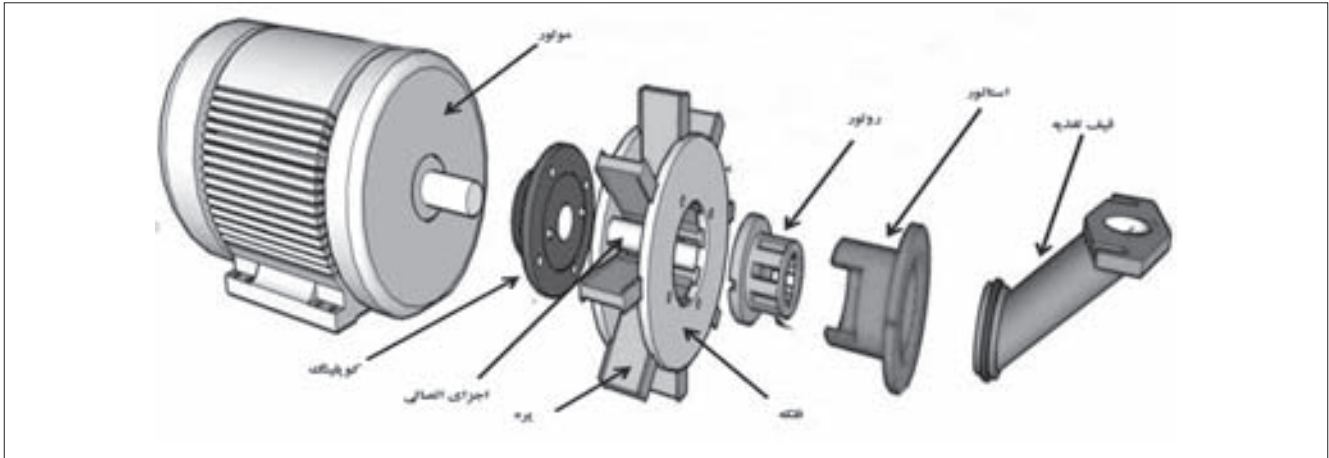
### توربین

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 ساییده به سمت قطعه را با سرعت مشخص برعهده دارد. توربین از اجزای مختلفی تشکیل شده است که در شکل ۳ نشان داده شده است.

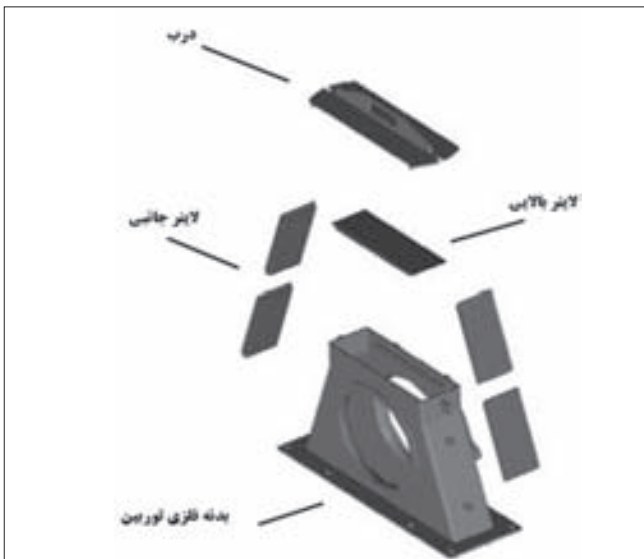
مهم‌ترین اجزا توربین عبارتند از:

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

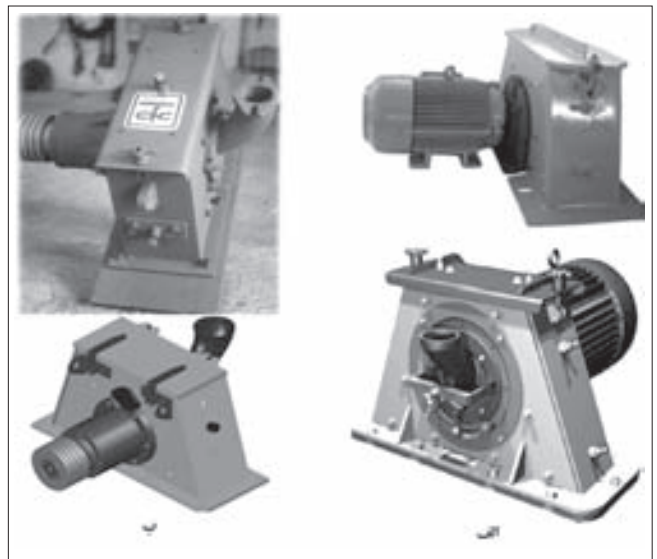
۲- روتور (impeller): روتور قسمت چرخنده توربین است که با چرخش دائمی خود مواد ساییده را از دریچه‌های خروجی خود به دریچه خروجی ساچمه



▲ شکل ۳- اجزاء اصلی یک توربین



▲ شکل ۵- بدنه و لاینرهای محافظ توربین



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

براین اساس 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 سطحی 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 ساخته شدند. شکل خمیده این پره‌ها باعث می‌شود که برآیند سرعت ساچمه پرتابی توسط این پره‌ها نسبت به ساچمه‌های پرتابی توسط پره‌های صاف بیشتر گردد. این امر به معنی امکان استفاده از سرعت دوران کمتر و در نتیجه کاهش میزان انرژی مصرفی است. بنابراین توربین با پره‌های خمیده نسبت به توربین با پره صاف 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

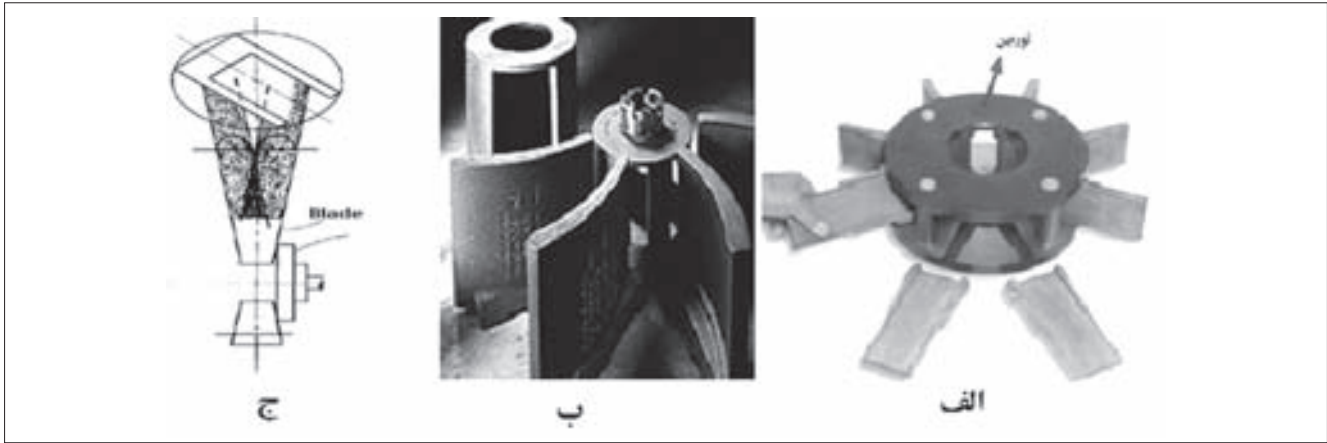
می‌گیرند که محفظه توربین نامیده می‌شود. بدنه فولادی این محفظه، خود با صفحات فلزی که لاینر نامیده می‌شوند و از جنس مواد ضد سایش هستند، پوشانده می‌گردند. لاینرها در انواع و شکل‌های مختلف ساخته شده و جهت محافظت بدنه محفظه از خوردگی و سایش ناشی از مواد ساینده به کار می‌روند.

(مشابه شکل ۵)

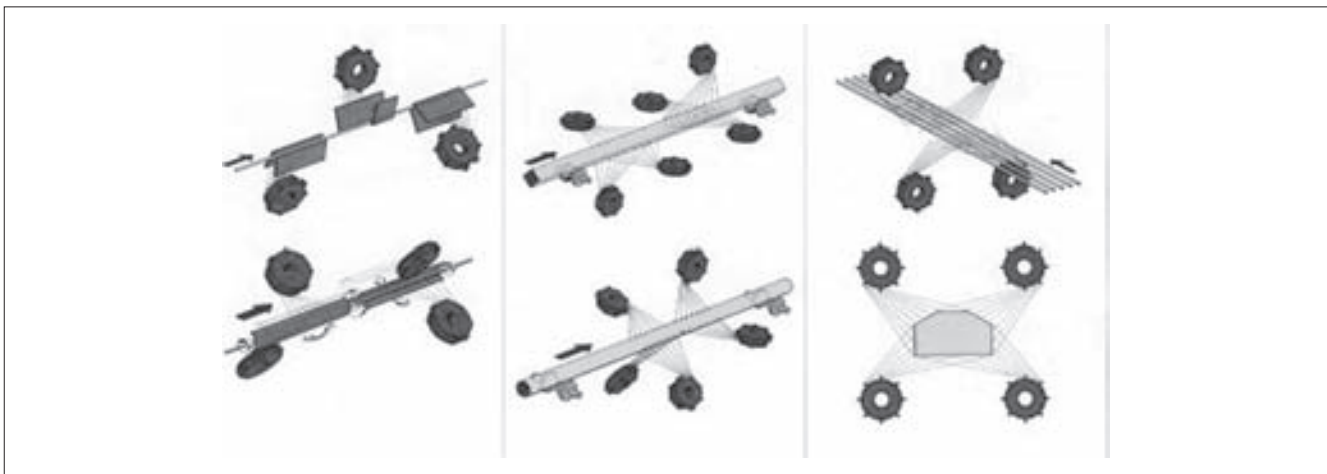
از آنجا که اجزای یک توربین در معرض سایش دائمی ناشی از تماس با مواد ساینده هستند، بنابراین این اجزا در درجه اول باید از موادی با جنس مقاوم به سایش انتخاب گردند و همچنین باید قابلیت تعویض سریع و راحت را داشته باشند. به همین دلیل اکثر قطعات توربین مثل پره، روتور، استاتور و لاینرها از جنس چدن ضدسایش یا فولاد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

#### انواع توربین

اساس کار کلیه توربین‌ها یکسان بوده و مشابه آنچه ذکر شد، می‌باشد. آنچه در توربین‌ها تغییر می‌کند تنها اندازه، شکل و نحوه ساخت اجزای آن است.



▲ شکل ۶- انواع پره‌های توربین: الف، پره صاف ب؛ پره انحنا دار ج- پره زاویه دار



▲ شکل ۷- نحوه قرار گیری توربین‌ها در دستگاه‌های مختلف



▲ شکل ۸- منطقه اصلی پاشش

جلو و عقب هستند که شکل پره را به صورت زاویه دار تبدیل نموده است. این کار باعث افزایش منطقه پاشش در این نوع توربین‌ها می‌شود. این نوع توربین در توان‌های 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 تمیز کاری

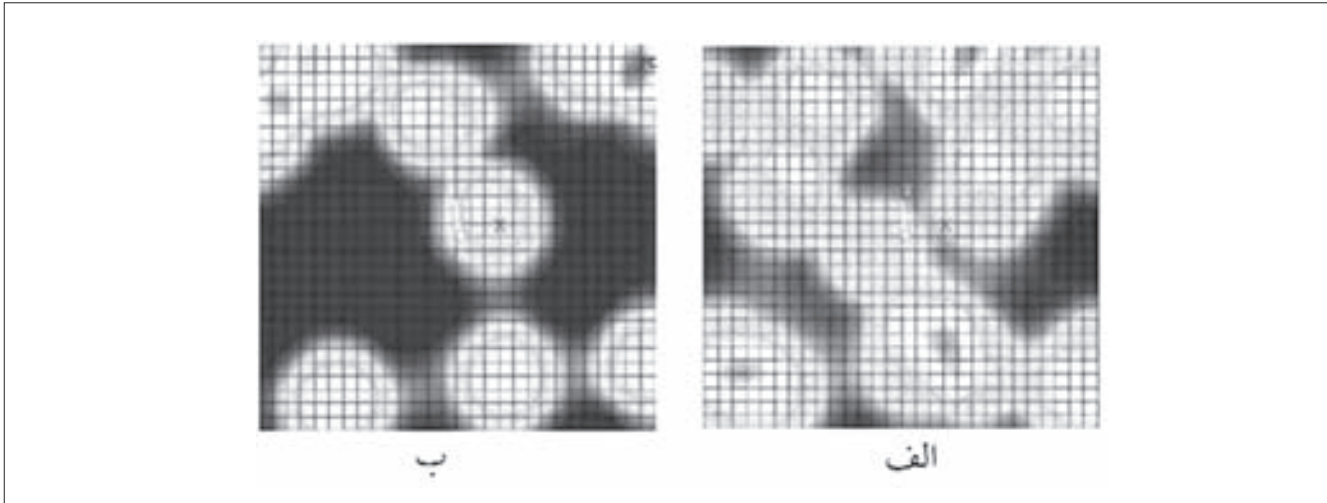
به دلیل سرعت بالای تمیز کاری در روش شات بلاست توربینی، این نوع دستگاه‌ها در صنعت مصرف بالایی داشته و از اهمیت بالایی برخوردارند. هر یک از این دستگاه‌ها خود دارای یک یا چند توربین هستند. جهت حفظ بازدهی دستگاه در حد مطلوب و انجام تمیز کاری موثر، نکات و موارد خاصی باید همواره مد نظر قرار گرفته و کنترل گردد.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



▲ شکل ۹- دو نمونه از سطوح تمیز شده با درصد‌های مختلف پوشش دهی الف: ۹۰ درصد پوشش دهی ب: ۶۶ درصد پوشش دهی

**الف: مسیر پرتابش**

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

مکان توربین‌ها و تعداد آنها با توجه به نحوه چیدمان و قرارگیری قطعات در داخل دستگاه باید به گونه‌ای انتخاب گردد که مواد ساینده مستقیماً به سطح قطعات برخورد کرده و از برخورد مواد به سایر اجزا دستگاه جلوگیری گردد. در شکل ۷ نحوه قرارگیری توربین‌ها در زوایا و حالت‌های مختلف با توجه به نوع قطعات در دستگاه‌های مختلف نشان داده شده است.

**ب: منطقه اصلی پاشش مواد ساینده (Hot spot)**

بنا بر تعریف؛ منطقه اصلی پاشش به معنی منطقه‌ای است که تحت شدیدترین میزان پاشش ناشی از جریان ساچمه‌های فولادی قرار می‌گیرد. این منطقه در شکل ۸ نشان داده شده است. عواملی همچون: اندازه و شکل مواد ساینده، ساییدگی پره‌ها یا اجزای توربین و سرعت موتور می‌توانند باعث تغییر در این منطقه گردند.

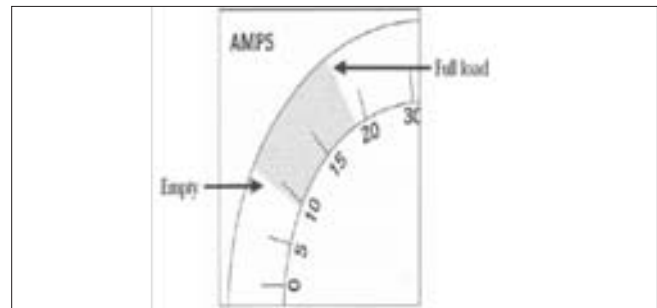
**ج) محدوده پوشش دهی (Shot coverage)**

محدوده پوشش دهی عبارت است از اندازه‌گیری محدوده سطح اولیه‌ای که در حین عملیات ساچمه‌پاشی تحت پاشش قرار می‌گیرد. زمانی که کل سطح قطعه تحت پاشش قرار گیرد، پوشش کامل (۱۰۰٪) صورت گرفته است و چنانچه سطح به صورت کامل تحت عملیات ساچمه‌پاشی قرار نگیرد این درصد کمتر خواهد بود. شکل ۹ دو نمونه از سطوح تمیز شده با درصد‌های مختلف پوشش دهی را نشان می‌دهد.

**د) پهنای محدوده پاشش**

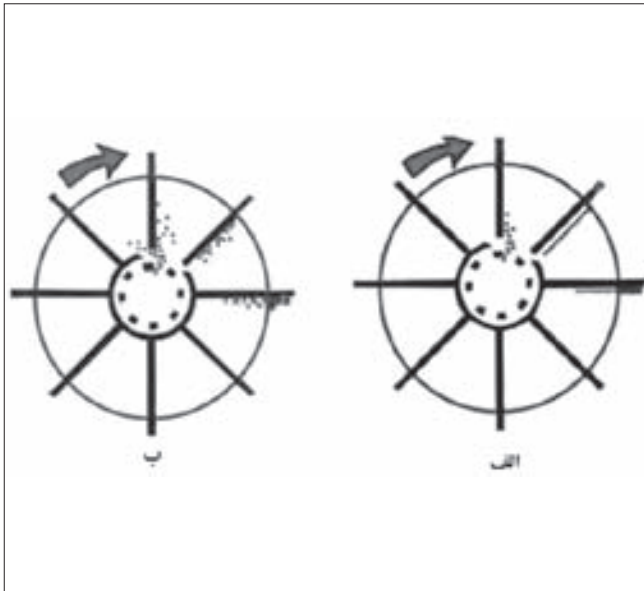
پهنای محدوده پاشش به ابعاد منطقه تحت پاشش اطلاق می‌گردد. این

انتخاب شده باشد. در این حالت توربین قادر خواهد بود کل مواد وارد شده را با سرعت مناسب پرتاب نماید. چنانچه مواد ساینده به اندازه کافی وارد توربین نشود (بار کامل نباشد) علاوه بر آنکه باعث کاهش سرعت تمیزکاری و نیز عدم تمیزکاری کامل می‌شود، باعث افزایش زمان عملیات، افزایش هزینه‌ها، کاهش سرعت خط تولید و سایش بیشتر قطعات توربین و دستگاه می‌شود. برای کنترل مقدار مواد ورودی به توربین لازم است تا از شاخص کنترل کننده‌ای استفاده گردد. در دستگاه‌های شات بلاست توربینی اولین شاخص بررسی، عدد نشان داده شده توسط آمپرسنج هر توربین است. این کار بدین شکل انجام می‌شود که مقدار جریانی که در هر لحظه توسط موتور مصرف می‌شود، از روی صفحه آمپرسنج خوانده می‌شود. از آنجاکه مقدار جریانی که موتور هر توربین در حالت پر و خالی مصرف می‌کند، عدد ثابتی است (که به توان موتور توربین بستگی دارد) بنابراین اگر در طول زمان پاشش، ظرفیت موتور در بالاترین مقدار خود باشد، ساچمه پاشی در سریع‌ترین و موثرترین حالت خود انجام می‌شود. در غیر اینصورت در صورت کم و زیاد شدن اعداد خوانده شده، تنظیمات دستگاه باید مجدداً 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 بسیار حساس در عملیات شات بلاست، تنظیم دقیق منطقه پرتابش مواد ساینده است. این عامل که الگوی پرتابش نامیده می‌شود، خود دارای چهار مشخصه است که عبارتند از: مسیر پرتابش، پهنای پرتابش، درصد پوشش دهی و منطقه اصلی پاشش مواد ساینده.



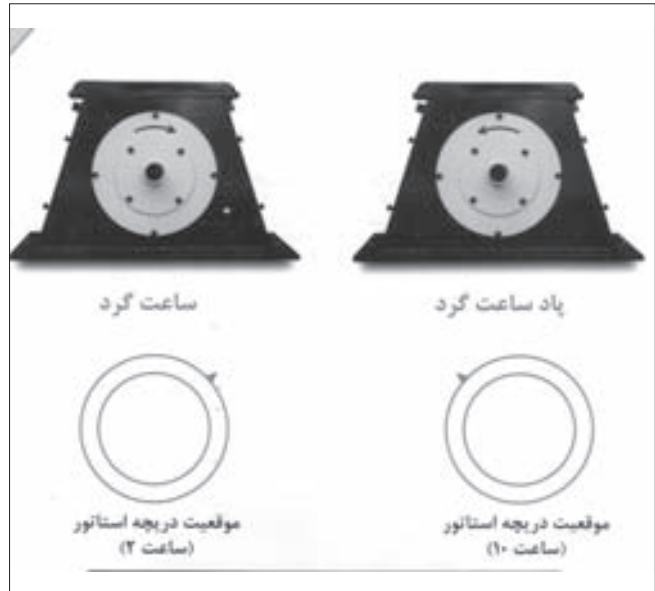
▲ شکل ۱۱- الف: توزیع یکنواخت و همگن ساچمه بر روی پره‌ها ب: توزیع غیر یکنواخت ساچمه بر روی پره‌ها به دلیل خوردگی استاتور

پس از اتمام عملیات محل پاشش ساچمه بر روی صفحه علامت‌گذاری شده و بدین ترتیب الگوی پرتابش توربین به دست می‌آید. چنانچه دستگاه دارای چندین عدد توربین باشد این آزمون بر روی کلیه توربین‌ها بطور تک تک انجام می‌شود.

به‌طور کلی پرتابش مواد ساینده در جهت و مسیر نامناسب ناشی از عواملی همچون: تنظیم اشتباه استاتور، فرسودگی و سایش استاتور، فرسودگی و سایش روتور، فرسودگی و سایش پره‌ها، گرم شدن بیش از حد قطعات داخلی توربین، شل بودن تسمه توربین و بی‌ثبات بودن و ناپایداری مواد ساینده است. از موارد فوق، معمولا خوردگی و سایش استاتور بیشترین تاثیر را دارا می‌باشد. لازم به ذکر است که استاتور توربین، یکی از قطعاتی است که در ماشین‌شات بلاست باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد. عدم تنظیم دقیق این قطعه (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 شرایط معمولی؛ درپچه‌های خروج ساچمه تعبیه شده بر روی روتور توربین به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که تزریق ساچمه‌های فولادی بر روی پره‌های توربین فقط زمانی صورت پذیرد که درپچه‌های روتور درست در مقابل پره‌ها قرار گرفته و هم‌راستا گردند. (مشابه شکل ۱۱-الف). در این حالت ساچمه‌های فولادی به‌صورت یکنواخت و همگن بر روی پره‌ها توزیع شده و پرتابش مناسبی صورت گرفته و عملیات تمیزکاری قطعه با کیفیت مناسب و به‌صورت یکنواخت انجام خواهد شد. چنانچه هر یک از اجزای توربین دچار فرسودگی و سایش گردند، انتقال ساچمه توسط درپچه خروجی استاتور بر روی پره‌ها به‌صورت درست انجام نشده و مقداری از ساچمه‌ها به پشت پره منتقل می‌شوند. این حالت باعث می‌شود که فرسایش اجزای توربین افزایش یابد، مقدار ساچمه پرتاب شده کاهش یابد و الگوی پرتابش نیز عوض شود. زیرا که توزیع ساچمه‌ها به‌صورت منظم و همگن صورت نگرفته و ساچمه‌ها



▲ شکل ۱۰- محل ثابت کردن درپچه خروجی استاتور توربین

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

#### عوامل موثر بر الگوی پرتابش

موارد فوق تعیین‌کننده مشخصات الگوی پرتابش یک توربین هستند. عوامل متعددی همچون شکل درپچه خروج استاتور، نوع پره‌ها و شکل و اندازه آن‌ها، قطر توربین و... بر الگوی پرتابش تاثیرگذار هستند. اما در یک توربین ثابت، مهم‌ترین روش تنظیم الگوی پرتابش، تنظیم استاتور، روتور و پره‌ها نسبت به یکدیگر می‌باشد. مسیر ساچمه‌های فولادی پرتاب شده از توربین از طریق تنظیم درپچه خروجی استاتور کنترل می‌گردد. بدین معنی که درپچه خروجی استاتور که محل خروج ساچمه‌ها و قرارگیری آن‌ها بر روی پره‌ها می‌باشد، بر روی یک توربین باید در موقعیت مکانی مشخصی تنظیم و ثابت گردد. بدین معنی که چنانچه از سمت قیف تغذیه به فلکه توربین نگاه شود و فلکه توربین مشابه صفحه یک ساعت در نظر گرفته شود، با در نظر گرفتن جهت چرخش توربین، این نقطه تنظیمی حدود ساعت دو در توربین‌های ساعت گرد و ساعت ده در توربین‌های پاد ساعت گرد است. (شکل ۱۰).

برای اطمینان از اینکه این تنظیم به درستی انجام شده است، باید نحوه پرتابش ساچمه به‌طور منظم کنترل گردد. مخصوصاً زمانی که یکی از اجزای توربین و یا حتی نوع مواد ساینده تعویض می‌گردد، این تنظیم باید حتماً مجدداً انجام پذیرد. انتخاب بهترین الگو، باید با توجه به شکل قطعه و بخش‌هایی از قطعه که باید تحت پاشش قرار گیرند، انجام شود.

جهت کنترل نحوه پرتابش ساچمه و به دست آوردن الگوی پرتابش دستگاه، از آزمایش ساده (آزمون ورق) استفاده می‌گردد. در این آزمایش یک صفحه فولادی رنگ شده در موقعیت ثابتی در مقابل توربین قرار می‌گیرد. سپس عملیات شات بلاست به مدت پنج تا ده ثانیه (یا بیشتر) انجام می‌شود.

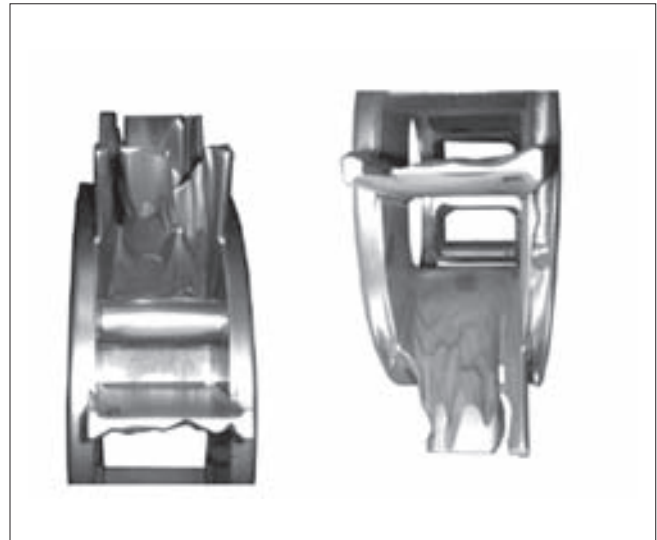
از آنجا که خوردگی اجزای توربین موجب تغییر در نحوه پرتابش و الگوی پرتابش می‌شود، اجزای توربین باید به صورت روزانه از لحاظ میزان خوردگی مورد بررسی قرار گیرند و موارد زیر کنترل گردند:

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 ساییده 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)



▲ شکل ۱۲- خوردگی و از بین رفتن اجزای توربین

### جمع بندی

چنانکه عنوان شد توربین از اجزای اصلی دستگاه شات بلاست بوده و به منزله قلب سیستم پاشش مواد ساییده 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 صرفاً به امر طراحی و ساخت توربین مشغول هستند و سازندگان دستگاه‌های شات بلاست از توربین‌های آن‌ها (یا مشابه آن‌ها) در دستگاه‌های خود استفاده می‌نمایند. این شرکت‌های بین‌المللی عبارتند از: Disa Gietart, Strahltechnik, Pangborn, wheelAbrator و.....

در این میان اگرچه سازندگان داخلی دستگاه‌های شات بلاست کشور از توربین‌های متنوعی در ماشین‌های خود استفاده نموده‌اند، اما اخیراً 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 اتحادار را نیز در کارنامه کاری خود قرار داده است.

نکته مهمی که در انتخاب یک توربین باید حتماً مد نظر قرار گیرد این است که اکثر قطعات توربین مصرفی بوده و مرتباً باید تعویض شوند و لذا نقش مهمی در هزینه‌های جاری فرآیند دارند. لذا امکان تأمین 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

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 ساییده در تماس هستند، مثل قیف تغذیه‌کننده، لاینرهای محافظ، روتور، استاتور، پیچ‌های 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، ماشین‌شات 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 ساییده 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).