

# مقایسه ساچمه های کم کربن و ساچمه های پر کربن

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

(شرکت فرآورده های فولادی)

1- [ghorbanian\\_iust@yahoo.com](mailto:ghorbanian_iust@yahoo.com)

2- [info@ab-shot.ir](mailto:info@ab-shot.ir)

(این مقاله در ماهنامه صنعت ریخته گری شماره ۱۱۹ - مرداد ۹۴ - به چاپ رسیده است)

## مقدمه:

در میان انواع محصولات ساینده، ساچمه های فولادی، از جمله پرمصرف ترین مواد ساینده در سطح بین المللی محسوب می گردند. این نوع ساچمه هادر دونوع پرکربن و کم کربن تولید می شوند که هر یک با خواص مخصوص به خود در کاربردهای مختلف بکار می روند. با توجه به آنکه تنها ده درصد بازار بین المللی در اختیار ساچمه های کم کربن است، لذا تولید کنندگان ساچمه های کم کربن در جهان، برای فروش و توجیه برتری محصول خود نسبت به سایر مواد ساینده، ادعاهایی همچون عمر بیشتر، قدرت تمیز کاری بیشتر، خوردگی کمتر قطعات دستگاه، گرد و غبار کمتر، سطح براق تر و .... را مطرح می کنند که در واقع برای آگاهی از واقعیت به تأمل، تفکر و اطلاعات دقیق تری نیاز است.

ساچمه های کم کربن کیفیت پایین نداشته، اما متأسفانه اغلب فروشندگان کمتر اطلاعات دقیق و کاملی در مورد خواص و موارد استفاده آن ها به مشتری ارائه می دهند. در این مقاله سعی شده است تا در ابتدا این دو نوع ساچمه و خواص کلی آنها و نیز برخی موارد مطرح شده توسط فروشندگان و تولید کنندگان آن بررسی شده و سپس با در اختیار قرار دادن اطلاعات کامل، مصرف کننده بتواند امکان انتخاب درست را داشته باشد.

## تفاوت های اصلی ساچمه فولادی پر کربن و کم کربن

در بین انواع مواد ساینده فولادی، ساچمه های فولادی پر کربن (HC<sup>۱</sup>) و کم کربن (LC<sup>۲</sup>)، از پر کاربردترین مواد محسوب می گردند. تفاوت اصلی این دو نوع ساچمه در ترکیب شیمیایی (میزان کربن) آنها می باشد که این تغییر مقدار کربن، منجر به تغییر ریز ساختار متالورژیکی، سختی و خواص مکانیکی آنها می گردد. در جدول ۱ این تفاوت ها نشان داده شده است.

جدول ۱: مقایسه خواص ساچمه های کم کربن و پر کربن

فرایند تولید	خواص مکانیکی	%Mn	%Si	%C	ریز ساختار	نوع ساچمه
فاقد عملیات حرارتی	سختی کمتر و قابلیت تغییر شکل بیشتر	۰/۵ - ۱/۵	۰/۰۱ - ۰/۱۸	۰/۰۱ - ۰/۱۸	بینایی	کم کربن
دارای عملیات حرارتی	سختی بالا و قابلیت تغییر شکل کمتر	۰/۱۵ - ۱/۲	۰/۳۵ - ۱/۲	۰/۸۵ - ۱/۲	مارتنزیت تمپر شده	پر کربن

<sup>۱</sup> High Carbon

<sup>۲</sup> Low Carbon

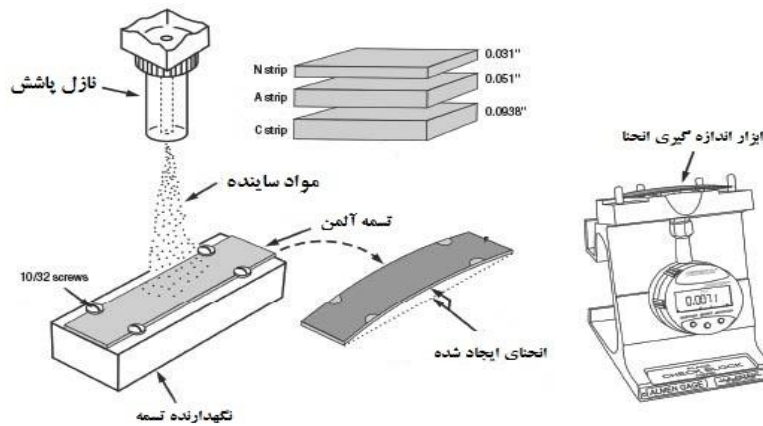
امروزه تولید کنندگان مختلف ساچمه های بنیاتی مدعی عمر بیشتر، قدرت تمیزکاری بیشتر و... این ساچمه ها هستند. جهت درک این عوامل و قابلیت اندازه گیری و مقایسه آن لازم است تا دو نوع آزمون علمی که در صنایع شات بلاست و شات پیننگ برای اندازه گیری خواص مواد کاربرد دارند، معرفی شده و کاربرد آن در بررسی خواص مواد ساینده بررسی گردد.

### ➤ آزمون آلمن:

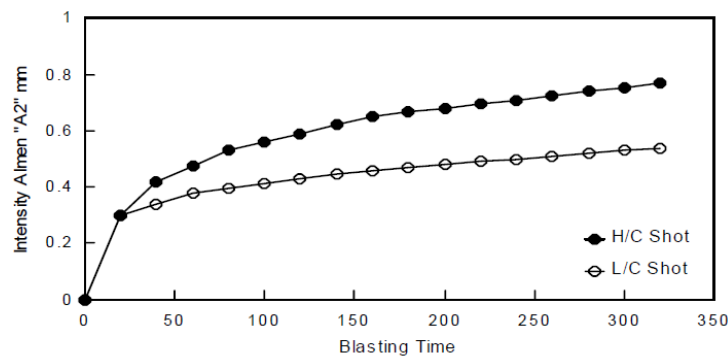
از این آزمون جهت اندازه گیری میزان انرژی منتقل شده به سطح قطعه استفاده میشود. یکی از مهمترین عواملی که در کلیه فرایندهای بلاستینگ باید مورد توجه خاص قرار گیرد، میزان انرژی است که از طریق مواد ساینده به سطح قطعه انتقال می یابد. میزان انرژی انتقالی و کار انجام شده مستقیماً به اندازه و سرعت ساچمه بستگی دارد.

در این روش از تسمه های استاندارد Almen استفاده می شود. تسمه آلمن بر روی یک قطعه نصب می گردد و در داخل دستگاه شات بلاست و در منطقه ای که بیشترین اثر پاشش را دارد، قرار می گیرد. و سپس فرایند پاشش بر روی مجموعه قطعه و نوار انجام می گردد. تسمه آلمن یک تسمه فولادی از جنس ویژه می باشد که در ابتدا صاف بوده و تحت تأثیر فرایند پاشش خم شده و انحنایی در آن ایجاد می شود. با اندازه گیری این انحنای (Arc) شدت جریان محاسبه می گردد. بدیهی است هر چه این انحنای بیشتر باشد معرف بیشتری بودن شدت فرایند می باشد. (مشابه شکل

(۱)



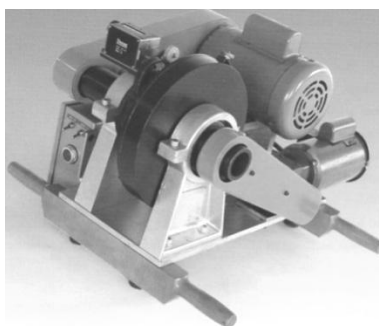
شکل ۱: ابزارهای لازم برای انجام آزمون آلمن



شکل ۲: نتایج آزمون آلمن ر روی ساچمه های فولادی کم کربن و پر کربن

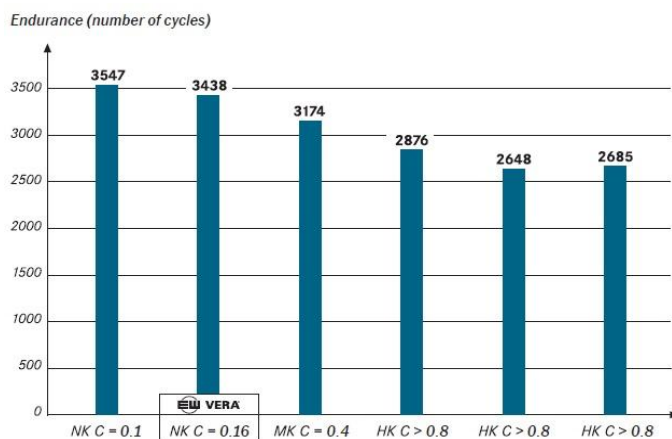
## ➤ آزمون اروین:

این آزمون یکی از روش های بررسی کیفیت مواد ساینده فلزی (خصوصاً ساچمه) از لحاظ طول عمر و شرایط کارکرد است. آزمون اروین در دستگاهی کوچک و قابل حمل مشابه شکل ۳ انجام می گردد. در طول انجام آزمایش توسط این ماشین، مواد ساینده فلزی توسط چرخ گردنده ویژه ای با دور موتور بالا و با سرعتی حدود ۷۰ متر بر ثانیه به سطح یک سندان پرتاب می شوند. پس از برخورد، مواد ساینده در قسمت زیرین دستگاه جمع آوری شده و جهت استفاده مجدد به توربین بازگردانده می شوند. این کار در تعداد سیکل های مشخص تاریز شدن ساچمه و خروج آن از سیستم ادامه پیدا می کند.



شکل ۳: ماشین آزمون اروین

سپس تعداد سیکل ها مطابق با فرمول محاسبه می گردد. هرچه عدد محاسبه شده بالاتر باشد نشان دهنده عمر کاری بالاتر ساچمه می باشد. این آزمون در واقع بیان کننده عمر خستگی مواد ساینده می باشد. آزمایشات مختلفی که بر روی ساچمه های فولادی انجام شده، نشان داده است که عمر ساچمه های فولادی کم کربن در آزمون اروین ۲۵ درصد بیشتر از ساچمه های فولادی پر کربن بوده است. شکل ۴ نتیجه حاصل از آزمون اروین انجام شده بر روی ساچمه های فولادی کم کربن، کربن متوسط و پر کربن تولیدی شرکت های مختلف را نشان می دهد.



شکل ۴: نتایج آزمایش اروین بر روی ساچمه های فولادی کم کربن - کربن متوسط و پر کربن تولیدی شرکت های مختلف

پس از آشنایی با این دو آزمون علمی، اکنون ادعاهای بیان شده توسط تولیدکنندگان ساچمه های کم کربن بررسی می گردد.

## ادعای شماره یک: عمر طولانی تر ساچمه های کم کربن :

چنانکه عنوان شد آزمون اروین آزمایشی است که برای اندازه گیری عمر ساچمه استفاده می شود. عمر ساچمه های فولادی کم کربن در آزمون اروین ۲۰-۲۵ درصد بیشتر از ساچمه های فولادی پر کربن بوده است. اگرچه این آزمون در ظاهر موید این ادعا است، اما توجه به نتایج آزمون المن و نکات اساسی تاثیر گذارد این دو آزمون بر تصمیم گیری نهایی بسیار مهم می باشد.

تمیز کاری سطح قطعه، نتیجه مستقیم حرکت و برخورد ساچمه با سطح قطعه می باشد. ساچمه پس از پرتاب و برخورد بین خود و قطعه، بین خود و ساچمه های دیگر و بین خود و اجزای مختلف ماشین تبادلات انرژی دارد. در اثر این برخورد آلودگی های شکننده سطحی که ماسه ریخته گری، اکسید، پوسته و ... می باشد شکسته شده و از سطح قطعه حذف می شوند. ماده ساینده برای اینکه قابلیت تمیز کاری داشته باشد، باید دارای سختی بالاتر یا حداقل برابر با قطعه باشد. چنانچه ماده ساینده نرم باشد، بیشتر انرژی جنبشی آن صرف تغییر شکل خود ماده ساینده می شود (شکل ۵) و در نتیجه این انرژی هدر رفته و و زمان فرآیند تمیز کاری افزایش و راندمان آن کاهش می یابد.



شکل ۵: تغییر شکل ماده ساینده نرم در اثر برخورد با قطعه

چنانکه عنوان شد ساچمه کم کربن دارای ساختار بینایی بوده و به دلیل کربن کم قابلیت عملیات حرارتی نداشته و سختی بالایی ندارد. بالاترین سختی قابل حصول در ساچمه های کم کربن ۴۵-۴۳ راکول سی می باشد. اما ساچمه پر کربن، به دلیل کربن بالا و عملیات حرارت سختکاری که بر روی آن انجام می شود، پس از فرایند ریخته گری و سختکاری، دارای سختی در حدود ۶۷-۶۵ راکول سی است که با عملیات حرارتی تمپر، می توان سختی آن را با توجه به نوع کاربرد و استاندارد موجود کاهش داده و در مقادیر مختلف تولید و کنترل نمود.

علاوه بر سختی پایین ساچمه کم کربن، عامل بسیار مهم و اصلی که در تغییر شکل و جذب انرژی توسط خود ساچمه موثر است، ساختار بینایی این نوع ساچمه و در نتیجه قابلیت تغییر شکل بیشتر آن می باشد. این امر باعث می شود تا در حین برخورد ساچمه با قطعات، قسمتی از انرژی ساچمه، صرف تغییر شکل خود ساچمه شود و در نتیجه انرژی کمتری از طریق آن به قطعات منتقل شود. اما چنانکه عنوان شد ساختار مارتزیتی موجود در ساچمه های پر کربن باعث تولید سختی بالا و عدم تغییر شکل ساچمه در حین برخورد می گردد. این امر باعث می شود تا انرژی جنبشی بیشتری به قطعه منتقل گردد.

از سوی دیگر ضریب ارتجاع یا بازگشت ساچمه پر کربن بالاتر از ساچمه کم کربن می باشد. در دستگاه آزمون اروین برخورد ساچمه ها در یک محیط کوچک، بسته و با یک سندان ثابت صورت می گیرد. نتیجه این امر این است که در دستگاه آزمون اروین در اثر برگشت و ارتجاع ساچمه ها تعداد برخوردهای ساچمه های پر کربن با یکدیگر بیشتر بوده و لذا شکست ساچمه پر کربن افزایش می یابد و مصرف بالاتری را در این آزمون نشان می دهد. از سوی دیگر با توجه به نوع عملیات حرارتی (سرد شدن سریع از دمای بالا) و نیز وجود کربن بالا در ترکیب شیمیایی، احتمال وجود ترک های میکرونی در ریزساختار این نوع ساچمه وجود دارد. این موضوع همراه با سختی بالای این نوع ساچمه، احتمال وقوع شکست و خرد شدن ساچمه را حین عملیات بلاستینگ افزایش می دهد. این موارد دلیل اصلی کم بودن عمر ساچمه های

مارتنزیتی در آزمون اروین می باشد. که از سوی تولید کنندگان ساچمه کم کربن به عنوان نقطه ضعف معرفی می گردد. اما آیا این موضوع (بالا بودن عمر ساچمه در آزمون اروین) موید راندمان بهتر تمیزکاری است؟ خیر، این ادعا به هیچ عنوان درست نمی باشد.

زیرا، چنانکه عنوان شد در آزمون اروین برخورد ساچمه ها در یک محیط کوچک، بسته و با یک سندان ثابت و البته تمیز و عاری از هرگونه آلودگی های سطحی و با سختی بالا صورت می گیرد و به هیچ عنوان راندمان و سرعت تمیزکاری بررسی نمی گردد. آنچه باعث افزایش راندمان و سرعت تمیزکاری می شود مقدار انرژی انتقالی از طریق برخورد ساچمه به سطح قطعه است. جهت اندازه گیری و مقایسه کیفی انواع ساینده ها از نظر مقدار انرژی انتقالی به سطح قطعه، از آزمون آلمن استفاده می شود. این تست به وضوح قابلیت انتقال انرژی مواد ساینده مختلف را با هم مقایسه می کند.

در شکل ۲ نتایج این آزمایش برای یک ساچمه با اندازه یکسان از دو جنس کم کربن و پر کربن نشان داده شده است. نقطه اشباع منحنی برای ساچمه پر کربن تقریباً دو برابر ساچمه کم کربن است. (بر اساس تعریف نقطه اشباع منحنی، نقطه ایست که با وجود آنکه زمان فرایند دو برابر می شود ولی انحنا ایجاد شده، بیشتر از ده درصد تغییر نکرده است). در این آزمون، نقطه اشباع ساچمه پر کربن  $0.627$  میلیمتر و در کم کربن  $0.436$  ثبت شده است. یعنی شدت انرژی ایجاد شده برای ساچمه پر کربن  $43/8$  درصد بیشتر از ساچمه کم کربن می باشد. چنانکه گفته شد تمیزکاری نتیجه انرژی انتقالی ساچمه به سطح می باشد، اما این انرژی چگونه توسط ساچمه پر کربن افزایش یافته است؟

میزان انرژی و کار انجام شده ای که از طریق مواد ساینده به سطح قطعه انتقال می یابد، با توجه به فرمول انرژی جنبشی مستقیماً به اندازه و سرعت ساچمه بستگی دارد. ( $E = 1/2 mv^2$ ). بر اساس فرمول گفته شده دو عامل سرعت و جرم مواد ساینده بر شدت پرتاب تاثیر گذار هستند.

با تغییر اندازه و سرعت پرتاب ساچمه می توان این شدت را افزایش داد. این عوامل در هر دو ساچمه یکسان است، آنچه که تفاوت دارد ریز ساختار و میزان تفاوت در جذب انرژی (چکش خواری) ساختار ساچمه است.

در ساچمه پر کربن، ساختار مارتنزیتی و سختی بالاتر، انرژی و شدت ضربه را بالا می برد. از سوی دیگر جذب انرژی کمتر توسط خود ساچمه پر کربن باعث افزایش سرعت تمیزکاری می شود. حال آنکه در اثر برخورد ساچمه کم کربن با سطح، قسمت اعظمی از انرژی انتقالی از ساچمه به قطعه، توسط خود ساچمه کم کربن جذب شده و موجب تغییر شکل خود ساچمه می شود و در نتیجه بازدهی تمیزکاری پائین تر می آید. تفاوت در میزان جذب انرژی و نیز چکش خواری بین دو ساختار بینایی و مارتنزیتی و فولادهای کم کربن و پر کربن امری بسیار بدیهی و کاملاً مشخص در بین مهندسين متالورژی محسوب می گردد که علاوه بر روش های فوق قابل بررسی و اندازه گیری از روش اندازه گیری خواص مکانیکی و آزمایشات ضربه و کشش نیز می باشد.

برای جبران انرژی انتقالی کمتر ساچمه کم کربن، برخی از شرکت ها اقدام به افزایش سرعت ساچمه از طریق تغییر موتور توربین و افزایش سرعت آن شده اند. حال آنکه در ساچمه پر کربن چنین تغییراتی مورد نیاز نبوده و هزینه کمتری را می طلبد. افزایش سرعت تمیزکاری منجر به کاهش زمان لازم برای تمیزکاری مقدار مشخصی قطعه میشود که در نتیجه منجر به صرفه اقتصادی بیشتر می شود. در حقیقت آنچه در مورد ساچمه و عملیات بلاستینگ مهم میباشد، مقدار مواد ساینده مصرفی و سرعت تمیزکاری در مقایسه با مقدار مواد تمیز شده میباشد که اصطلاحاً

کیلوگرم ساچمه بر تن قطعه تمیز شده (یا سطح  $m^2$  قطعه) میباید و عامل بسیار مهمی در بررسی اقتصادی فرآیند بلاستینگ می باشد. هر چه این مقدار کمتر باشد فرآیند مقرون به صرفه تر محسوب می گردد. آنچه در آزمون اروین محاسبه می گردد، تنها میزان مصرف و خرد شدن و خارج شدن ساچمه ها از اندازه استاندارد در طول فرآیند آزمایش می باشد. در آزمون اروین سرعت تمیز کنندگی ساچمه و زمان لازم جهت شات بلاست یک قطعه مشخص در نظر گرفته نمی شود. حال آنکه کاهش زمان تمیز کاری به معنی کاهش کلیه هزینه های شات بلاست می باشد که عامل بسیار مهمی است. اگرچه احتمال شکست و خرد شدن ساچمه پر کربن بیشتر از ساچمه کم کربن می باشد و باعث کاهش عمر آن در آزمون اروین می شود، اما سرعت تمیز کاری بالای آن باعث شده که سریعاً جایگزین ساچمه های کم کربن گردد. به گونه ای که امروزه ۸۹ درصد بازار مصرف ساچمه در اختیار این نوع ساچمه است و تنها ۱۱ درصد بازار از ساچمه های کم کربن استفاده می نماید.

علاوه بر مسایل فوق یک نکته کلیدی در تمیز کاری، انتخاب اندازه درست ساچمه می باشد. بهترین اندازه، کوچکترین سائز ساچمه ای است که قدرت لازم جهت تمیز کاری را داشته باشد. هر چه ساچمه ریز تر باشد تعداد برخورد بر واحد سطح قطعه نیز افزایش می یابد. بالاتر بودن انرژی ضربه در ساچمه های پر کربن، به این معنی است که در ساچمه پر کربن می توان از سائزهای کوچکتری استفاده کرد. با این کار میزان پوشش دهی (Coverage) افزایش می یابد و در نتیجه سرعت تمیز کاری افزایش می یابد.

### **ادعای شماره دو: کاهش تخریب قطعات دستگاه شات بلاست توسط ساچمه های کم کربن**

از دیگر ادعاهای تولید کنندگان ساچمه کم کربن، ادعای کاهش تخریب و کمتر بودن سایش قطعات دستگاه شات بلاست در صورت استفاده از این نوع ساچمه در دستگاه می باشد. در صورت تنظیم بودن زوایای پرتاب توربین های دستگاه، سایش قطعات دستگاه شات بلاست، تنها از طریق برخورد ساچمه به سطح این قطعات می باشد. بنابراین سایش بیشتر قطعات در صورتی امکان پذیر است که قدرت سایش و انرژی انتقالی مواد ساینده به قطعات بالاتر باشد. بنابراین کاملاً بدیهی است که سایش کمتر قطعات در واحد زمان در ساچمه های کم کربن، به دلیل کمبود انرژی انتقالی توسط این نوع ساچمه و در نتیجه کاهش سرعت و قدرت تمیز کاری می باشد. این ادعا خود ثابت کننده برتری ساچمه پر کربن در تمیز کاری می باشد نه نقطه ضعف آن. در واقع کمتر بودن مقدار سایش قطعات به دلیل قابلیت تمیز کاری کمتر ساچمه های کم کربن می باشد که خود به معنی افزایش زمان مورد نیاز جهت تمیز کاری می باشد که موید نقطه ضعف ساچمه کم کربن در تمیز کاری قطعات می باشد.

### **ادعای شماره سه: تولید گرد و غبار کمتر توسط ساچمه های کم کربن**

یکی دیگر از ادعاهای تولید کنندگان ساچمه کم کربن، کمتر بودن گرد و غبار تولیدی توسط ساچمه های کم کربن در فرآیند شات بلاست می باشد. سه منبع تولید کننده گرد و غبار در دستگاه شات بلاست عبارتند از: آلودگی حذف شده از سطح قطعات، مواد ساینده شکسته و خرد شده، مواد حذف شده از سطح قطعات کابین دستگاه شات بلاست

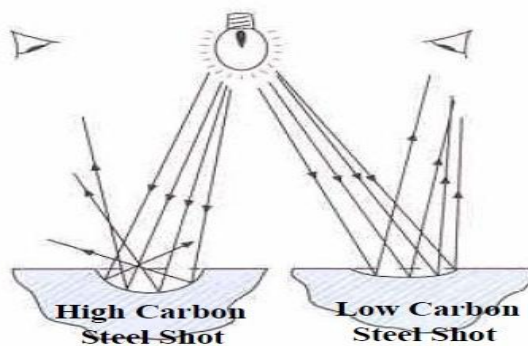
از سوی دیگر در دستگاه شات بلاست مواد زاید و ریز شده یا از طریق سیستم جدا کننده (separator) و یا توسط فیلتر دستگاه مکش و گرد و غبار گیر خارج می شوند. کاملاً مشخص است که در یک ماشین شات بلاست که به درستی تنظیم شده است، عمده ترین قسمت تولید کننده گرد و غبار طی فرآیند شات بلاست، گرد و غبار ناشی از تمیز شدن قطعه و حذف آلودگیهای موجود روی سطح آن می باشد. گرد و غبار کمتر این نوع ساچمه، در واقع به معنی کمتر بودن قدرت تمیز کاری آن در واحد زمان می باشد و اگر یک ساچمه تولید گرد و غبار کمتری بکند، چون گرد و غبار در نتیجه حذف آلودگی ها می باشد، پس گرد و غبار کمتر، یعنی تمیز کاری کمتر و استاندارد تمیز کاری پایین که خود این امر مجدداً موید ضعف ساچمه کم کربن در تمیز کاری می باشد و به هیچ عنوان به معنی عمر بالاتر ساچمه کم کربن نمی باشد.

## ادعای شماره چهار: تولید سطحی براق تر توسط ساچمه های کم کربن

میزان تمیزی سطح یک قطعه پس از شات بلاست به رنگ و براقیت سطح ارتباطی ندارد. رنگ و براقیت سطح به میزان انعکاس نور و پولیش بودن سطح بستگی دارد، حال آنکه تمیزی به معنی حذف آلودگی ها می باشد. براق بودن عاملی جهت بررسی میزان نور منعکس شده از سطح می باشد و نه عاملی جهت اندازه گیری میزان تمیزکاری.

در حین برخورد یک ماده ساینده، تغییر شکلی که در سطح قطعه ایجاد می شود متفاوت است. به عنوان مثال تاثیر گریت بر روی سطح با تاثیر یک ساچمه یکسان نمی باشد. همچنین تاثیر یک ساچمه کم کربن در مقایسه با یک ساچمه پر کربن با سایز یکسان متفاوت است. از آنجا که ساچمه کم کربن به دلیل ریز ساختار خود، دارای قابلیت تغییر شکل بیشتر است، لذا تأثیر آن بر توپوگرافی سطح قطعه نیز کمتر بوده و تولید یک چاله با عمق کمتر بر سطح می کند. در نتیجه به دلیل انعکاس بیشتر نور از سطح با عمق چاله کمتر (شکل ۶) ساچمه کم کربن براق تر دیده می شود، اما براق تر بودن به معنی تمیزتر بودن نمی باشد.

به همین دلیل است که در استانداردهای بررسی تمیزی سطح که از نوع استانداردهای مقایسه ای با عکس های مرجع می باشند، برای کیفیت سطحی SA2/5 شش نمونه ارائه شده است که هر کدام آنها با دیگری از نظر رنگ متفاوت می باشد. این تفاوت به دلیل نوع مواد ساینده متفاوت جهت تمیزکاری می باشد که البته همه آنها کیفیت SA2/5 را تولید کرده اند.



شکل ۶: تفاوت در میزان بازتابش نور از سطح قطعات در دو نوع ساچمه پر کربن و کم کربن

نکته مهم دیگری که باید بدان توجه کرد این است که هزینه مواد ساینده تنها ۱۷-۱۳ درصد هزینه کلی شات بلاست است و بقیه ۸۷ درصد هزینه که شامل (کارگر، انرژی، استهلاک، قطعات یدکی، تعمیر و نگهداری، برق و...) تماماً به زمان فرایند شات بلاست ارتباط پیدا می کند. با توجه مطالب ذکر شده بدیهی است ساچمه کم کربن جهت تمیزکاری و رسیدن به سطح استاندارد به زمان بیشتری نیاز دارد، لذا با استفاده از ساچمه پر کربن و کاهش این زمان می توان صرفه جویی قابل توجهی را در هزینه های شات بلاست ایجاد نمود.

## نتیجه گیری:

آنچه برخلاف انتظار تولیدکنندگان ساچمه کم کربن از ادعاهایشان استنباط می شود، نه تنها برتری محصول ساچمه کم کربن نمی باشد، بلکه اثبات راندمان تمیزکاری پایین ترین نوع ساچمه و در نتیجه افزایش میزان مصرف آن نسبت به ساچمه پر کربن می باشد که نتیجه همه این موارد افزایش زمان و هزینه های تمیزکاری است. این ادعاها اگرچه در راستای تعریف و تمجید از این محصول ارائه شده است، اما خود تضعیف کننده موقعیت این نوع ساچمه می باشد و در حقیقت استفاده از این نوع ساچمه خصوصا در تمیزکاری قطعات فولادی و ریخته گری شده که همراه با ماسه می باشند، با افزایش هزینه همراه است. متأسفانه بسیاری از مصرف کنندگان مواد ساینده به دلیل عدم ثبت دقیق کلیه عوامل موثر بر هزینه های فرایند و تنها با توجه به پایین تر بودن اندک قیمت ساچمه کم کربن مبادرت به خرید و واردات این نوع ساچمه کرده و از آنجا که اپراتور دستگاه تنها به خرد نشدن ساچمه و باقی ماندن بیشتر آن در مخزن دستگاه توجه می نماید و از عامل مهم مقدار مصرف ساچمه به تناژ تمیزکاری شده غافل است لذا پی بردن به این واقعیت را با هزینه و زمان جبران می نمایند.

مهمترین نتیجه ای که باید بدان توجه نمود این است که بدون توجه به ادعاهای مطرح شده از سوی تولیدکنندگان انواع مواد ساینده، ساچمه های تولیدی هر شرکت، چه کم کربن و چه پر کربن، خواص خاص خود را دارد و بهترین خواص زمانی حاصل می گردد که کلیه فرایندهای تولید درست و دقیق انجام شود. از آنجا که فرایند تولید شرکت ها قابل ردیابی و پی گیری دایم از طرف مصرف کننده نمی باشد، لذا ضمن آگاهی کلی از خواص محصولات مختلف، بهترین راه حل، بررسی دایم و کنترل مستمر شرایط تمیزکاری توسط خود مصرف کننده و ثبت دقیق اطلاعات، هزینه ها و شرایط عملیاتی می باشد. با این کار هر شرکت می تواند ضمن بررسی قیمت ها و هزینه های جاری در طول زمان به یک جمع بندی جهت انتخاب درست بر پایه های علمی، منطقی و عملی دست یابد.

در خاتمه اگر به دو تفاوت عمده این دو نوع ساچمه یعنی سختی و چقرمگی توجه شود مسلماً " باید شاهد دو رفتار نسبتاً متفاوت بود. ولی سوال اینجاست که آیا با ابداع فرایندها یا مواد جدید، روشها و مواد قدیمی اهمیت و ارزش خود را از دست می دهند. به عنوان مثال آیا با عملیات آستمبر و مصرف انواع فولادها با این نوع عملیات حرارتی، فولاد های بینابینی قدیمی و یا فولاد های مارتنزیتی تمپر شده و یا سایر انواع فولادهای عملیات حرارتی شده کاربرد خود را از دست دادند؟ بدیهی است فرآیندها و مواد جدید تنها انتخاب مهندسین طراح و مصرف کنندگان را گسترده تر می نمایند تا با انتخاب بهینه در هر مورد کاری، هزینه های تولید را نیز بهینه نمایند.

## منابع:

1. "Shot Blasting Machines Maintenance Manual", Technical Bulletin Of Umit Dokum Company
2. Timo Winkler, Bad Friedrichshall, "Blasting With Steel", Giesserei Journal, March 2006
3. I. Almen, "Shot Blasting To Increase Fatigue Resistance", SAE Journal (Transactions), Vol. 51
4. "Shot Peening Application", Ninth Edition, Metal Improvement Company, 2005
5. "The Ervin Test Machine" Technical Bulletin Of Ervin Company
6. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مقدمه ای بر شات بلاست و شات پینینگ" انتشارات دستان - فروردین ماه ۱۳۹۲
7. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مقایسه کیفی ساچمه فولادی پر کربن و کم کربن در تست اروین" ماهنامه صنعت ریخته گری - شماره ۹۰ - مهر ۹۱