

بررسی، تحلیل و پیش بینی بازار بین المللی صنایع خودروسازی با رویکرد کاربرد فرایند شات پینینگ در این صنعت

(این مقاله در مجله صنعت ریخته گری شماره ۱۲۴ اسفند ۹۴ چاپ شده است)

جواد قربانیان^۱ - عماد نیشابوری^۲

^۱ - واحد آموزش و مشاوره فنی شرکت فرآورده های فولادی ghorbanian_just@yahoo.com

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

چکیده:

صنعت خودروسازی، یکی از مهمترین صنایع مهندسی- تولیدی کشورها محسوب می گردد که هر ساله با افت و خیزهای مختلفی در نقاط مختلف جهان روبرو است. برخی تولید کنندگان این حوزه مرتباً در حال تغییر رویه های تولید در راستای کاهش قیمت و افزایش کیفیت هستند. در میان این تولید کنندگان، خودروسازان آلمانی به عنوان یکی از مطرح ترین شرکتها در عرصه بین المللی هستند که سرمشق کیفی بسیاری از تولید کنندگان دیگر هستند. بسیاری از قطعات متحرک خودرو همچون فنر، میل لنگ، چرخ دنده، سوپاپ، دیسک، شاتون و ...، تحت تنشهای فشاری و کششی متناوب و تکراری قرار دارند و مستعد ترک و شکست هستند. بهترین و ارزاترین راه افزایش عمر خستگی این نوع قطعات، انجام عملیات شات پینینگ (ساجمه زنی) می باشد. در این مقاله سعی شده تا وضعیت کلی تولید خودرو، نقش فرایند شات پینینگ در خودرو طی سالهای اخیر و پیش بینی سالهای آتی این صنعت تا سال ۲۰۲۰ در نقاط مختلف جهان مورد بررسی قرار گیرد.

واژه های کلیدی: خودرو، شات پینینگ، عمر خستگی، مواد ساینده

مقدمه: صنایع خودروسازی به دلیل نوع قطعات خود و تنش های وارد بر آنها، یکی از مهمترین مصرف کنندگان صنایع شات پینینگ هستند که این مصرف همچنان در حال گسترش است. بحث شات پینینگ در این صنعت به مباحثی همچون مقدار مصرف مواد ساینده، نوع مواد ساینده مصرفی، نوع دستگاه ها، تاثیر بر عمر خستگی و ... بر می گردد. نوع مواد ساینده مصرفی در این صنعت موضوع مهمی بوده است. چنانکه در مقالات قبلی نیز بدان اشاره شد، بهترین ماده برای شات پینینگ، کات وایر گرد شده G2 و G3 است که مصرف آن هم اکنون با رشد قابل توجهی در جهان روبرو شده است. [4] هدف از فرایند شات پینینگ در زمینه ایمنی در قطعات خودرو و هوایما عبارتست از: جلوگیری از شکست زود هنگام ناشی از خوردگی و خستگی، تولید قطعاتی با وزن کمتر و استحکام بیشتر جهت کاهش مصرف سوخت و تولید آلودگی کمتر، افزایش مقاومت قطعات فلزی در برابر بارهای دینامیک اعمالی، خوردگی و سایش تحت تنش و نیز تولید قطعه مقرون به صرفه و با کیفیت.

بازار جهانی مواد ساینده شات پینینگ در سال ۲۰۱۰:

در سال ۲۰۱۰ صنعت شات پینینگ ۴۵۰۰۰ تن مواد ساینده را مصرف کرد. این در حالی است که کل مصرف مواد ساینده در دنیا ۱۳۵۹۰۰۰ تن بوده است. در این میان ساچمه فولادی همچنان بیشترین ماده ساینده مصرفی به شمار می رود. با این وجود کات وایر به سرعت در حال گرفتن بازار از دست ساچمه می باشد. این امر چنانکه در مقالات قبلی نیز بدان اشاره شد، به دلیل عمر بالاتر، ثبات در اندازه و ساختار کات وایر می باشد. [4] سایر موادی که در شات پینینگ استفاده شده اند شامل ساچمه های بسیار ریز، ساچمه های ضد زنگ و ساچمه های بال برینگ بوده اند.

اگرچه ساچمه فولادی حدود دو سوم کل مصرف مواد ساینده مصرفی در شات پینینگ را در اختیار داشته است، ولی مصرف ساچمه های سرامیکی و کات وایر در حال افزایش و ساچمه های شیشه ای و چدنی در حال کاهش است. ساچمه های سرامیکی به دلیل سختی بالای خود در مواردی همچون تولید چرخ دنده، فنر و ... کاربرد دارند. عدم تولید آلودگی، محافظت بیشتر قطعات، پوشش ارزاتر، انرژی مصرفی کمتر جهت پرتابش و شات پینینگ موثر از مزایای این مواد هستند. میزان مصرف محصولات ساینده مصرفی در شات پینینگ، مطابق جدول ۱ بوده است:

جدول ۱: میزان مصرف محصولات ساینده مصرفی در شات پینینگ در سال ۲۰۱۰

ماده ساینده	مقدار مصرف (T)
کات وایر گرد شده	19000 T
ساجمه فولادی	25000 T
سایر مواد (فلزی و غیر فلزی)	1000 T
کل	45000 T

اگرچه صنایع هواپیمایی و هوافضا به دلیل نوع قطعات کاربردی خود مصرف کننده ویژه قطعات شات پینینگ شده هستند، اما با حضور مواد کامپوزیتی به جای مواد فلزی در این صنعت، مصرف قطعات شات پینینگ شده در این حوزه در حال کاهش است و در نتیجه در حال حاضر صنعت خودرو بیشترین و مهمترین مصرف کننده این حوزه محسوب می گردد که پتانسیل بالایی برای گسترش بیشتر نیز دارد. علاوه بر آن صنایع نفت و گاز، تجهیزات کشاورزی، راه آهن، تولید کنندگان موتورهای پر قدرت و عظیم (کشتی سازی، تولید نیرو و ...)، تامین کنندگان نیرو و اسلحه سازی و نظامی از سایر بخشهای مصرف کننده این صنعت هستند.

جدول ۲: میزان مصرف محصولات ساینده شات پینینگ در صنایع مختلف در سال ۲۰۱۰

نوع صنعت	مقدار مصرف
صنعت هوا - فضا	10000 T
خودرو سازی	34000 T
سایر موارد	1000 T
کل	45000 T

بررسی بازار جهانی صنعت خودرو :

تولید کل خودرو (سواری ، SUV ، کامیون و ...) در سالهای مختلف در نقاط مختلف جهان در جداول ۳-۵ نشان داده شده است که مقدار تولید در سال ۲۰۲۰ نیز در این جداول پیش بینی شده است. تولید خودرو از سال ۱۹۹۹ در چین ده برابر شده است. در حالیکه ژاپن تولید ۸/۹ میلیون خود را حفظ خواهد کرد که البته نسبت به سال ۲۰۰۵، از ۱۰/۶ میلیون عدد به این مقدار کاهش یافته است. بر خلاف آن کره در حال افزایش تولید به صورت ثابت است.

جدول ۳: وضعیت تولید خودرو در مناطق مختلف جهان

سال (میلادی)	۲۰۲۰	۲۰۱۵	۲۰۱۱	۲۰۰۵	۲۰۰۰
تعداد تولید (میلیون عدد)	۱۱۰	۹۰	۸۰	۶۶	۵۸

جدول ۴: وضعیت تولید خودرو در اروپا

سال	۲۰۲۰	۲۰۱۵	۲۰۱۱	۲۰۰۵	۲۰۰۰
کل اروپا	۱۸	۱۸	۱۸/۷	۱۸/۸	۱۹
آلمان	۶	۶	۵/۹	۵/۸	۵/۷

جدول ۵: وضعیت تولید خودرو در آسیای شمال شرقی

سال (میلادی)	۲۰۲۰	۲۰۱۵	۲۰۱۱
تولید (میلیون عدد)	۲۸	۲۲/۵	۱۸/۴
	۸	۹	۸/۴
	۶	۵	۴/۷
	۴۳	۳۶/۵	۳۱/۵

همچنین شرایط تولید در اروپا به علاوه ترکیه در سال ۲۰۱۱ به شرح جدول ۶ است. چنانکه مشاهده می شود، انگلستان و ایتالیا دومین بازی کنندگان اصلی در اروپا هستند. فرانسه و اسپانیا در حال حفظ شرایط تولید خود در دو میلیون عدد هستند. کل تولید فرانسه، ایتالیا و اسپانیا از ۸ میلیون در سال ۲۰۰۰ به ۵ میلیون در سال ۲۰۱۰ رسیده است که در حال بدتر شدن نیز هست. کل اتحادیه اروپا در حال انتقال تولید به شرق (لهستان، اسلواکی، رومانی و جمهوری چک) می باشد و تعداد ۱۸ میلیون ثابت باقی خواهد ماند. بازار آمریکای شمالی به شدت با نزول همراه بوده است که دیگر قابل جبران هم نیست.

جدول ۶: وضعیت تولید خودرو در اروپا به علاوه ترکیه در سال ۲۰۱۱

تولید اروپا + ترکیه در سال ۲۰۱۱ (تولید: میلیون عدد)			
کشور	سواری	کامیون	کل
آلمان	۵/۹	۰/۴	۶/۳
فرانسه	۱/۹	۰/۴	۲/۳
اسپانیا	۱/۸	۰/۵	۲/۳
جمهوری چک	۱/۲	۰	۱/۲
ترکیه	۰/۶	۰/۶	۱/۲
انگلستان	۱/۳	۰/۱	۱/۴
ایتالیا	۰/۵	۰/۳	۰/۸
لهستان	۰/۷	۰/۱	۰/۸
اسلواکی	۰/۶	۰	۰/۶
بلژیک	۰/۵	۰	۰/۵
سایر	۱/۲	۰/۱	۱/۳
کل	۱۶/۲	۲/۵	۱۸/۷

جدول ۷: رشد تولید در آمریکای جنوبی (میلیون عدد)

	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۱	۲۰۱۵	۲۰۲۰
برزیل	۱/۷	۲/۵	۳/۴	-	-
آرژانتین	۰/۳	۰/۳	۰/۸	-	-
کلمبیا	۰	۰	۰/۱	-	-
کل	۲	۲/۸	۴/۳	۶	۸

جدول ۸: نزول تولید در آمریکای شمالی (میلیون عدد)

	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۱
آمریکا	۱۲/۸	۱۱/۹	۸/۶
کانادا	۳	۲/۷	۲/۱
مکزیک	۱/۹	۱/۷	۲/۷
کل	۱۷/۷	۱۶/۳	۱۳/۴

اما کشورهای آسیای جنوب شرقی و تایوان با رشد قابل توجهی روبرو بوده اند. تایوان به مجموعه کشورهای وابسته است که حدود ۲ میلیون خودرو تولید می کنند و تامین کننده قطعات خودرو محسوب می گردد. هند در حال رشد سریعی است که حتی می تواند با گسترش زیرساختها افزایش بیشتری نیز داشته باشد. روسیه هم در حال رشد سریع می باشد. علاوه بر آن ایران در حال ظاهر شدن بر روی رادار تولید کنندگان خودرو است.

جدول ۹: رشد تولید در آسیای جنوب شرقی، تایوان و هند (میلیون عدد)

	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۱	۲۰۱۵	۲۰۲۰
تایوان+آث آن	۱/۴	۲/۶	۳/۲	۵	۸
هند	۰.۸	۱.۶	۳.۹	۵	۸

جدول ۱۰: رشد تولید در روسیه (میلیون عدد)

روسیه	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۵	۲۰۲۰
تولید (میلیون عدد)	۱.۲	۲	۳	۴.۵

جدول ۱۱: رشد تولید در ایران تا سال ۲۰۱۱ (میلیون عدد)

ایران	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۱
تولید (میلیون عدد)	۰.۳	۰.۸	۱.۶

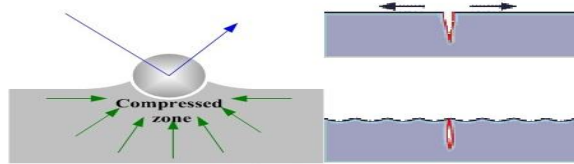
برخی از کشورهای دیگر نیز در حال ورود به بازار هستند که در سال ۲۰۱۱ تولیدی معادل زیر را داشتند: آفریقای جنوبی با ۵۳۰۰۰۰ خودرو، استرالیا با ۲۲۰۰۰۰ و ازبکستان ۱۸۰۰۰۰ خودرو.

بازار خودرو با رشد ثابتی در حدود ۳ تا ۴ درصد در سال در حال رشد است. این رشد به نوعی وابسته و مدیون نیاز بازار در کشورهای آسیای شرقی، هند، آمریکای جنوبی، روسیه و ... می باشد. در سال ۲۰۲۰ کل بازار آمریکای شمالی، اروپا و ژاپن تنها مقدار کمی بیشتر از یک سوم بازار جهانی را خواهند داشت. این رشد در صنعت خودرو سازی نوید تازه و خبر خوبی برای صنعت شات پینینگ می باشد.

تأثیر شات پینینگ بر قطعات خودرو:

شات پینینگ اگرچه از نظر ظاهر عملکرد شبیه به فرایند شات بلاست است، اما برخلاف شات بلاست که از مراحل اولیه تولید است از مراحل نهایی تولید یک قطعه محسوب میگردد. 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. شباهت این فرایند با عملیات شات بلاست به عنوان یکی از فرایندهای تمیزکاری، باعث شده تا بسیاری از صنعتگران در درک اهمیت این فرایند دچار اشتباه گردند. در واقع مهمترین تفاوت شات پینینگ و شات بلاست در هدف آنها می باشد. هدف شات بلاست تمیزکاری است، حال آنکه هدف شات پینینگ افزایش عمر خستگی قطعات از طریق ایجاد تنش فشاری در سطح است. شکست خستگی در یک قطعه زمانی اتفاق می افتد که در سطح قطعه ترکی وجود داشته باشد. معمولاً اتمهای سطح قطعات تولید شده صنعتی به دلیل انجام فرایندهای جوشکاری، عملیات حرارتی و یا برشکاری و ... تحت تنش کششی قرار دارند. ترک در مکانهایی که تحت تنش کششی قرار دارد به راحتی رشد کرده و گسترش می یابد. زیرا که تنش و کشش در واقع باعث کشیده شدن اتمها و پاره شدن سطح می شوند. لذا وجود تنش کششی یا پیچشی، طی سیکلهای متناوب کاری، منجر به ایجاد ترک و در نهایت شکست قطعه می شود. در هر دو حالت فوق، بیشترین اثر تنش در سطح قطعه اعمال می شود و لذا سطح مستعد تولید و یا رشد ترک می باشد. ولی چنانچه در سطح تنش فشاری ایجاد شود، از اشاعه ترک جلوگیری شده و عمر خستگی قطعه افزایش می یابد. [شکل ۱]

از طریق شات پینینگ، با برخورد ساچمه ها و ایجاد گودیهای فراوان بر روی سطح، یک لایه فشرده شده در سطح ایجاد شده و توزیع تنش پسماند فشاری در سطح رخ می دهد. دهانه میکروترک های سطحی و خلل و فرجها بسته شده و تنش پسماند فشاری ایجاد شده در آن منطقه مانع از باز شدن دهانه ترک و یا رشد ترک میگردد و بدین ترتیب باعث افزایش عمر خستگی قطعه می شود. شات پینینگ باعث افزایش عمر خستگی قطعات به میزان دو تا ده برابر می گردد.



شکل ۱: تأثیر فرآیند شات پینینگ بر سطح قطعه و نحوه تولید تنشهای پسماند فشاری در سطح

لیست قطعات خودرو که باید شات پینینگ شوند

در جدول ۱۲ و شکل ۲ لیست برخی از قطعات مهم خودرو که باید تحت فرآیند شات پینینگ قرار گیرند ذکر شده است. البته این بدین معنی نیست که همه این قطعات در تمام خودروها شات پینینگ می شوند، بلکه بدین معنی است که بسته به تولید کننده خودرو، نوع خودرو، تولید کننده پلت فورم و.. ممکن است برخی یا همه این قطعات شات پینینگ شوند.

جدول ۱۱: برخی از قطعات مهم خودرو که باید شات پینینگ شوند

سایر	فرمان	فرم	جعبه دنده	موتور	نگهدارنده موتور	کلاچ	سیستم تعلیق خودرو
تویی چرخ رینگ فنر کمربند فنر پدال	فرمان میل فرمان	اجزای جوشکاری شده فرم	چرخنده ها فنرهای چرخنده	میل لنگ میل بادامک انواع فنرها (فنر کاربراتور، والوها، انژکتور و...) میله های اتصال والوها	دسته موتور پایه موتور محور چرخ	دیسک رینگ انواع فنرهای کلاچ	فنرلول، فنر تخت ثابت کننده ها اهرم تعلیق تورشن بار میل تعادل

شکل ۲: برخی از قطعات خودرو که شات پینینگ می شوند



شرکتهای تولید کننده خودرو بر اساس کیفیت، کشور تولید کننده و ... هر کدام تعدادی از این قطعات را شات پینینگ می کنند که در این میان آلمان ها بیشترین قطعات را شات پینینگ می کنند. تحقیقات نشان می دهد که سازندگان آلمانی در حدود یک کیلوگرم ماده ساینده به شرح زیر مصرف می کنند. چرخنده ۱۵۰ گرم، فنرهای تعلیق ۵۰۰ گرم، میله تعلیق ۲۰۰ گرم، سایر موارد ۲۰۰ گرم و در کل حدود ۱/۰۵ کیلوگرم که ۸۰ درصد این مقدار در سیستم تعلیق و چرخنده ها مصرف می شود. حال آنکه میانگین مصرف در اروپا به شکل زیر است:

چرخنده ۸۰ گرم، سیستم تعلیق ۲۵۰ گرم، میله تعلیق ۱۵۰ گرم، سایر موارد ۱۷۰ گرم و جمعاً ۶۵۰ گرم که ۷۴ درصد آن در چرخنده و سیستم تعلیق کاربرد دارد. در اروپا ۱۶/۲ میلیون خودرو در سال ۲۰۱۱ تولید شد که به معنی مصرف حدود ۱۰۵۰۰ تن ماده ساینده می باشد. میانگین مصرف مواد ساینده خودرو های تجاری (بیشتر کامیون ها) در اروپا به صورت زیر است:

چرخنده ۱۰۰ گرم، سیستم تعلیق ۴۰۰ گرم، قطعات موتور ۱۵۰ گرم، سایر موارد ۱۵۰ گرم و جمعاً ۸۰۰ گرم که ۶۳ درصد آن در چرخنده و سیستم تعلیق کاربرد دارد. با وجود ۲/۵ میلیون خودرو کامیون در سال ۲۰۱۱، حدود ۲۰۰۰ تن ماده ساینده مورد نیاز است و در نتیجه، کل بازار خودرو اروپا در حدود ۱۲۵۰۰ تن ماده ساینده نیاز دارد.

در مورد خودروهای تولیدی در مکان هایی غیر از اروپا بررسی متفاوت بوده و به نوع و تعداد قطعاتی که شات پینینگ می شود بستگی دارد. خودرو های آمریکای شمالی همچنان سنگین و درشت هیکل بوده و میانگین سرعت آنها زیر استاندارد های اروپایی است. میانگین مصرف تخمینی در حدود ۵۰۰ گرم برای هر خودرو است که با احتساب ۱۳/۴ میلیون خودرو به ۶۷۰۰ تن ماده ساینده می رسد.

میانگین سرعت خودرو های ژاپنی نیز زیر استاندارد های اروپا است و با توجه به مناسب بودن جاده ها و نیاز کمتر به سیستم تعلیق بسیار مقاوم در خودرو های با وزن کم، میزان مصرف ماده ساینده تخمین زده شده حدود ۴۵۰ گرم برای هر خودرو (بیشتر چرخنده و سیستم تعلیق) است که با احتساب ۸/۴ میلیون خودرو به مقدار ۳۸۰۰ تن ماده ساینده نیاز دارد. در کره و آمریکای جنوبی، با مقدار مصرف حدود ۴۰۰ گرم برای هر خودرو (بیشتر سیستم تعلیق و برخی چرخنده ها) و بازار ۹ میلیونی خودرو، حدود ۳۶۰۰ تن ماده ساینده مورد نیاز است. در بقیه کشورهای باقیمانده دنیا، میزان مصرف تخمینی در حدود ۲۵۰ گرم است که با احتساب بازار ۳۰/۵ میلیونی خودرو به مصرف ۷۶۰۰ تن ماده ساینده می رسیم. خلاصه مطالب فوق در جدول ۱۲ نشان داده شده است.:

جدول ۱۲: مقدار مصرف مواد ساینده در خودروهای تولیدی در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۱۱

مقدار کل مصرف ماده ساینده به تن	مصرف به گرم برای هر خودرو	تعداد (میلیون عدد)	۲۰۱۱
10530 T	650	16/2	خودروهای سواری اروپایی
2000 T	800	2/5	کامیونهای اروپایی
6700	500	13/4	آمریکای شمالی
3780	450	8/4	ژاپن
3600	400	9	کره و آمریکای جنوبی
7625	250	30/5	بقیه کشورها
34235	430	80	کل

بررسی وضعیت تمایل به انجام فرآیند شات پینینگ

با توجه به آنکه قطعات کلیه خودروها، مشابه خودروهای آلمانی باید شات پینینگ شوند و با توجه به آنکه در آلمان در حدود ۱ کیلوگرم ماده ساینده برای هر خودرو مصرف می شود، پیش بینی می شود نیاز به حدود ۸۰۰۰۰ تن ماده ساینده خواهد بود. این یک تخمین اولیه است و احتمال مصرف بیشتر به دلیل گسترش صنعت خودرو سازی همچنان وجود دارد.

فرآیند شات پینینگ باعث کمک به کاهش وزن خودرو می شود که این امر باعث کاهش تولید CO₂ و کاهش مصرف سوخت خودرو می شود. کاهش وزن خودرو باعث کاهش قیمت خودرو می شود. مثلاً ۱۵ درصد کاهش وزن باعث کاهش قیمت به میزان ۱۰ تا ۲۰ درصد می شود. از آنجا که افزایش عمر قطعات با فرآیند شات پینینگ باعث امکان افزایش زمان گارانتی قطعات می شود و حتی در آینده با روی کار آمدن خودروهای برقی نیز نیاز به این فرآیند از بین نخواهد رفت، لذا این بازار همچنان حفظ و گسترش خواهد یافت، زیرا که سیستم تعلیق و چرخنده ها تغییر چندانی نخواهند کرد.

افزایش تعداد قطعاتی که شات پینینگ می شوند، نیاز به مواد ساینده و ماشینهای شات پینینگ را افزایش می دهد. از سوی دیگر قطعات شات پینینگ شده جدید به سمت کوچکتر شدن پیش می روند تا مصرف مواد ساینده را کاهش دهند و این به معنی افزایش نیاز به ماشینهای جدید شات پینینگ نیز می باشد. از سوی دیگر طراحی چرخنده های مصرفی در جعبه دنده های مختلف، نیاز به شات پینینگ را افزایش داده و فنرها و سیمهای سیستم تعلیق سبک تر و کوچکتر شده و در نتیجه جهت بالا رفتن کیفیت حتی نیاز به شات پینینگ دوبل (دوبار شات کردن) نیز خواهند داشت و این به معنی افزایش تقاضا برای شات پینینگ و مواد ساینده خواهد بود .

پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۲۰، تغییرات خودرو بیشتر بصورت تغییر پلت فرم های صنعتی و در مکانهای خاص دنیا استوار خواهد بود و از آنجا که قطعات با تغییر چندانی روبرو نخواهند بود، در نتیجه نیاز به شات پینینگ در سرتاسر جهان همچنان باقی خواهد بود. این تخمین شرایط در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳: پیش بینی مقدار مصرف مواد ساینده در خودروهای تولیدی در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۲۰

مقدار کل مصرف ماده ساینده (تن)	مصرف به گرم برای هر خودرو	تعداد (میلیون عدد)	۲۰۲۰
۱۴۴۰۰	۸۰۰	۱۸	اروپا
۸۴۰۰	۶۰۰	۱۴	آمریکای شمالی
۴۴۰۰	۵۵۰	۸	ژاپن
۳۳۰۰	۵۵۰	۶	کره
۱۱۲۰۰	۴۰۰	۲۸	چین
۳۶۰۰	۴۵۰	۸	تایوان+ آث ان
۴۰۰۰	۵۰۰	۸	امریکای جنوبی
۳۲۰۰	۴۰۰	۸	هند
۲۲۵۰	۵۰۰	۴.۵	روسیه
۳۰۰۰	۴۰۰	۱.۵	بقیه کشورها
۵۷۷۵۰	۵۲۵	۱۱۰	کل

تفاوت میزان ۱۰۰ گرم برای هر خودرو در مقدار مصرف ماده ساینده بین سالهای ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ در واقع به معنی رشد ۲۰/۲۵ درصدی در طول ۹ سال است که رقم قابل قبولی در مقایسه با رشد ۳۵/۴ درصدی افزایش تولید تعداد خودرو می باشد. از آنجا که تولید کنندگان خودرو همواره به دنبال کاهش هزینه ها، افزایش عمر و کیفیت قطعات، کاهش مصرف سوخت و نیز کاهش تولید CO₂ هستند، لذا همواره نیاز به قطعاتی با عمر بالاتر و سبکتر دارند. در این میان شات پینینگ فرآیندی است که در این زمینه به آنها کمک شایانی می کند. فرآیندی با سرعت بالا و هزینه کم که تولید خودرویی مستحکم تر با عمر بهتر را میسر می کند و از آنجا که این فرآیند همخوانی با انواع پوششها و رنگها دارد و هیچ نوع آلاینده‌گی ندارد، در ساخت فنرها و قطعات بسیار مورد استقبال قرار گرفته است.

در این میان با شکسته شدن دیوار برخی از محدودیتهای تکنولوژیکی، نیاز به فناوریها و راه‌حلهای نوین در صنعت در حال رخ دادن است و لذا فرآیند شات پینینگ با ورود جدیدی مثل تیتانیم باید مقرون به صرفه تر نیز گردد. این امر با ورود مواد ساینده جدید مثل گلوله های بسیار ریز و یا گلوله های سرامیکی محقق شده است. با این وجود صنعت شات پینینگ همچنان در حال پیشرفت و دستیابی به مواد، دستگاه ها و فناوریهای پیشرفته می باشد.

نتیجه گیری :

با توجه به شرایط صنعت خودروسازی در سطح جهان، بازار رو به رشدی را برای این صنعت میتوان متصور شد. این رشد قابل توجه، رقابت های شدیدی را نیز در پی خواهد داشت و لذا تنها راه پیروزی در این بازار، تولید قطعاتی با کمترین هزینه و بالاترین کارایی است که تنها با کار تیمی و ابداع روشهای خلاقانه و فرایندهای جدید در تولید قطعات، مواد و ماشین الات برای خودروهای جدید امکان پذیر است.

در این میان شات پینینگ جزو فرآیندهایی است که با هزینه ای اندک این امکان را فراهم می کند تا عمر بسیاری از قطعات حساس خودرو و هواپیما را دو تا ده برابر افزایش داد. حتی از این روش جهت تعمیر و نگهداری قطعات در حین کار در فرآیندهای صنعتی نیز استفاده می شود. با توجه به تحلیل انجام شده در این مقاله کاملاً مشخص است که استفاده از شات پینینگ 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 الزامی می دانند. در این راستا لزوم برنامه ریزی جهت بهره گیری از مزایای این فرآیند جهت تولید قطعات با کیفیت بهتر، دوام و عمر طولانی تر در راستای کاهش هزینه ها و نیز آموزش صنعتگران عزیز کشورمان امری بدیهی و ضروری به نظر می رسد.

منابع :

۱. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مقدمه ای بر شات بلاست و شات پینینگ" انتشارات دستان- بهار ۱۳۹۲
۲. امیر صدیق زاده بنام، ساسان یزدانی "تاثیر عملیات ساچمه زنی بر رفتار خستگی چدن نشکن نیمه آلیاژی Ni-Cu-Mo"، نشریه صنعت ریخته گری، ماهنامه تخصصی انجمن صنفی ریخته گران ایران، شماره ۶۸، تیر ماه ۱۳۸۹، ص ۶۸-۶۳
۳. محمد رنجبر، عباس عبدالهی، سید حسن حسینی نژاد، محسن ستار، "بهینه سازی پارامترهای مؤثر در میزان تنش پسماند فشاری در فرآیند نورد سرد سطحی بر روی ملخهای آلومینیومی" یازدهمین کنگره سالانه انجمن مهندسين متالورژی ایران، ۱۳۸۶
۴. جواد قربانیان، عماد نیشابوری "مقایسه ماده ساینده کات و ایر با ساینده های مصرفی در صنایع شات بلاست و شات پینینگ" ماهنامه صنعت ریخته گری- شماره ۱۱۳- دی ۹۳- صفحه ۶۷
5. Erwan Henry, Metallic Abrasives Industry ,3rd edition
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. "Shot Peening application", Ninth Edition, Metal Improvement Company,2005