Archive of SID

مطالعه تجربی شکل دهی ورق‌های فلزی با استفاده از انرژی شیمیایی

رضا عباسیان[۱]، مهران مرادی غریبوند[۲]، بوذرجمهر قاسمی[۳]

چکیده

در این تحقیق فرآیند شکل‌دهی ورق‌های فولادی با استفاده از انرژی فعل و انفعالات شیمیایی یک نوع سیمان خاص به منظور جایگزینی نیروی پرس متداول صورت گرفته است. بدین منظور دستگاه آزمایشی طراحی و ساخته شده است. در این دستگاه مواد شیمیایی با انبساط و حرارتی که ایجاد می‌کنند قادرند ورق فولادی به ضخات ۱ میلیمتر و قطر ۱۲۰ میلیمتر را به شکل نیمکره‌ای تغییر شکل دهند.

تجربه نشان می‌دهد که با توجه به فشار هیدرواستاتیکی یکنواخت و دمای تولید شده در حدود ۱۵۰درجه سانتیگراد عمل شکل‌دهی بدون ایجاد چروک خورگی صورت می‌گیرد که جزئیات دستگاه طراحی شده و نحوه عمل آن در پی می‌آید.

کلمات کلیدی: شکل دهی شیمیایی، آنتالپی، ورق فولادی، قوانین ترمودینامیک.

۱- مقدمه

کشش عمیق ورق‌های فلزی از دیرباز تا کنون به توسط سنبه و قالب صورت گرفته است در فرایند هیدرو فرمینگ از فشار سیال جهت شکل دهی استفاده می‌شود [۱]. در این روش به جای سنبه از ماده شیمیایی استفاده شده که با انبساط و افزایش حجم می‌تواند ورق های فلزی را به شکل ماتریس دلخواه در آورد. در این روش به دلیل اینکه ماده شیمیایی از حالت مایع با وسکوزیته بالا به حالت جامد تبدیل می‌شود، از یک طرف، نیازی به سنبه و پرس نیست و از طرف دیگر آب بندی بین ورق و سیال به راحتی صورت می‌گیرد. یکی از مزایای دیگر این روش ایجاد نیروی کافی همراه با حرارت است که به شکل‌گیری ورق کمک می‌کند.

نیرو و حرارتی که ایجاد می شود قابل کنترل بوده و همراهی این دو افزون بر تسهیل در شکل گیری ورق، باعث جلوگیری از چروک خوردگی ورق نیز می‌شود. از مزایای این روش این است که می‌توان بر روی ورق‌های با قابلیت کشش پایین عملیات کشش انجام داد. همچنین فشار هیدرواستاتیکی ناشی از انبساط مواد به همراه حرارت باعث می‌شود نیروی کمتری برای ورق‌گیر نیاز باشد لذا، با کاهش سطح تماس ورق و ورق‌گیر، قطعات نیاز به دور بری کمتری دارند.

از آنجا که ماده شیمیایی استفاده شده، قابل بازیابی است، از نقطه نظر زیست محیطی روش فوق مفید و از نظر اقتصادی برای کارگاه‌های تولیدی کوچک و متوسط برای قطعات با تیراژ کم و حجم زیاد در مقایسه با روش متداول پرس و قالب مقرون به صرفه می‌باشد.

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه: Abbasian-reza@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان/دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۳-دانشیار دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش می‌توان به منظور صرفه‌جویی اقتصادی، ورق‌های فولادی با قابلیت کشش بالا مانند st13 و st14 را با ورق‌های ارزان تر که قابلیت کشش کمتری دارند جایگزین نمود.

۲- مواد تشکیل دهنده

ماده شیمیایی استفاده شده در این روش از خانواده سیمان‌ها است. این ماده حاوی (c_3s) یا $sio_2(cao)_3$ و Al_2o_3 بوده، که به ترتیب اولی سبب ئیدراسیون و افزایش حجم و ترکیب دوم باعث ایجاد چسبندگی می‌شود این ماده سریعاً در حضور آب ئیدراته شده و علاوه بر افزایش حجم حرارت زیادی تولید می‌کند. فاکتورهای متعدد در میزان انرژی این مواد تاثیر دارند. از جمله، اندازه و شکل کریستال که خود تابعی از دمای تشکیل فاز است.

۲-۱- تغییرات آنتالپی

میزان تغییرات انرژی آزاد شده در طی فعل و انفعال شیمیایی با استفاده از قوانین ترمودینامیک و جداول خواص ترمودینامیکی مواد [۲] محاسبه می‌شود.

$$\Delta H = \sum \Delta H_F^0(\text{product}) - \sum \Delta H_F^0(\text{Raw material})$$

$$Fe_2o_3, Mgo, Sio2(cao)\ 3, Al2o3, + H2o \longrightarrow Mg(OH_2), Fe_2o_3, Sio_2(ca(OH_2))_3$$

که در این رابطه ΔH_F^0 تغییرات آنتالپی واکنش می باشد.

با استفاده از جداول خواص ترمودینامیکی مواد شیمیایی:

$$\Delta H = -986.6\ \frac{KJ}{mol} - [(-635\ \frac{KJ}{mo}) - (-287\ \frac{KJ}{mo})] = -65.2\ \frac{KJ}{mol}$$

میزان انرژی آزاد شده از ئیدراسیون مواد شیمیایی ٦٥/٢ $\frac{KJ}{mol}$ است که مقداری از آن بصورت گرما خواهد بود.

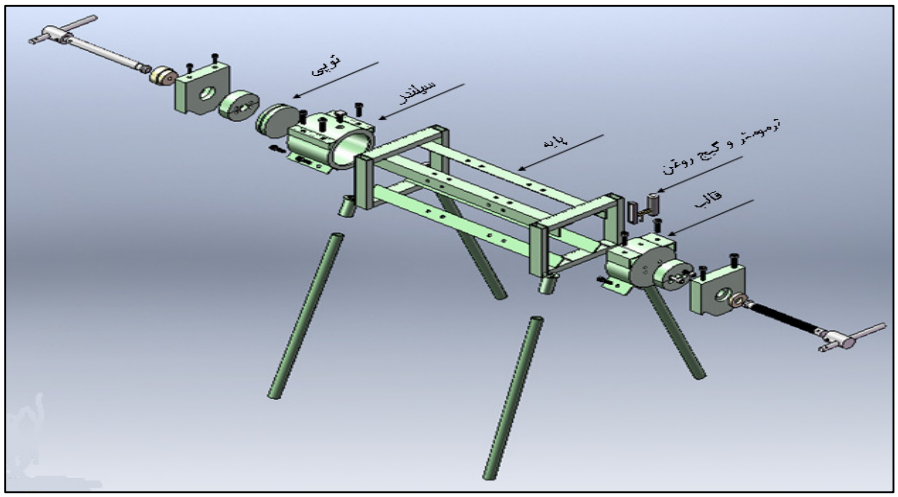
برای شکل دهی نمونه فوق نیاز به ۳۰۰ گرم از ماده شیمیایی است که معادل ۵ مول بوده لذا،انرژی کل آزادشده ٣٤٩/٤KJاست.

با استفاده از قوانین ترموشیمی [۳] میزان انرژی که به صورت گرما آزاد می‌شود، با توجه به ظرفیت گرمایی ویژه آهن $(CFe = 0.44\ c^0)\frac{J}{gr}$ و ظرفیت گرمایی ماده شیمیایی $(C = 1.1\ \frac{J}{gr}c^0)$ و متوسط افزایش دمای مواد و دستگاه، حدود J ٣٤٤٣٨٨ است لذا، انرژی J ۵۰۳۰ سبب ایجاد فشار هیدروستاتیکی بر روی ورق و جدار سیلندر می‌گردد، که با توجه به حجم سیلندر و سطح ورق،فشار MPa ۵/۸۷ و نیروی تغییر شکل ورق ۸/۳ تن خواهد بود.

به منظور مقایسه میزان انرژی، قطعه فوق با پرس هیدرولیک نیز تولید و نیروی آن به میزان ۹ تن اندازه‌گیری گردید.

۳- طراحی و ساخت دستگاه

برای امکان سنجی شکل دهی ورق فولادی با استفاده از نیروی انبساط و حرارت ماده شیمیایی دستگاهی طراحی و ساخته شد این دستگاه مطابق شکل ۱ از قسمتهای زیر تشکیل شده است.



شکل (۱): نقشه انفجاری

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱- پایه

در این طرح امکان تعویض قالب و سیلندر، حرکت رفت و برگشتی قالب و تخلیه مواد بر روی پایه فراهم شده است .

۳-۲- سیلندر

جداره بیرونی استوانه ای و جداره داخلی به شکل مخروطی است، که فوائد مخروطی بودن آن از قرار زیر است.

ـ تخلیه سریع مواد عمل شده بعد از شکل دهی ورق

ـ انسداد انتهای سیلندر با توپی مخروطی بدون نیاز به نیرو

ـ به حداقل رساندن حجم مواد داخل سیلندر برای بهینه سازی فرایند.

۳-۳- قالب

در این دستگاه قالب به شکل نیمکره‌ای است که قابلیت حرکت رفت و برگشتی دارد. شایان ذکر است پله‌ای که در ابتدای قالب تعبیه شده کار ورق گیر را به عهده دارد.

۳-٤- توپی

به شکل مخروطی است و به منظور:

ـ آب بندی انتهای سیلندر و جلوگیری از خروج سیال

ـ تخلیه مواد مصرف شده تعبیه شده است .

۳-۵- ترمومتر و مخزن روغن

ترمومتر، تغییرات دمای قالب را نشان می‌دهد. تغییرات دما با مصرف ماده شیمیایی ارتباط مستقیم دارد. در ابتدا قبل از شکل گیری ورق، قالب پر از روغن است. هنگامی که ورق فولادی توسط فشار ئیدروستاتیکی ماده شیمیایی به داخل قالب حرکت می‌کند، روغن از قالب به داخل مخزن رانده می‌شود و با توجه به میزان روغن در مخزن پایان مرحله شکل گیری قالب رویت خواهد شد.

زمان و سرعت شکل گیری ورق با میزان خروج روغن از قالب به داخل مخزن روغن می‌تواند سنجیده شود.

٤- روش کار دستگاه

ورق بین قالب حاوی روغن و سیلندر حاوی مواد قرار داده می‌شود و در این حال، ورق در پله‌ای که به همین منظور در ابتدای سیلندر است قرار می‌گیرد و سپس قالب که حاشیه آن نقش ورق‌گیر را دارد بر روی سیلندر بسته و مواد با مقدار مشخص در سیلندرریخته می‌شود، پس از چند لحظه با انبساط و حرارتی که ایجاد شده، ورق را به داخل قالب هدایت و شکل می‌گیرد.

با حرکت ورق به داخل قالب، روغن به داخل گیج روغن و ترمومتر تخلیه و پایان شکل‌گیری مشخص می‌شود. شکل کلی دستگاه در شکل ۲ و یک نمونه تولید شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل (۲): دستگاه ساخته شده

شکل (۳): قطعات تولید شده

در جدول شماره‌ی ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات ابعادی و الاستیکی درج شده است.

جدول (۱): مشخصات قطعه ی تولید شده را نشان می دهد.

قطر نمونه	۱۲۰ میلی متر
ضخامت اولیه ی ورق	۱ میلی متر
ضخامت ثانویه ی ورق	۰/۸ میلی متر
حداکثر عمق کشش	۲۰ میلی متر
زمان تولید	۱۰ دقیقه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲):. مشخصات الاستیکی نمونه (ورق ST12) را نشان می‌دهد.

مدول یانگ	ضریب پواسون	تنش تسلیم	استحکام کششی	جرم حجمی	درصد کربن	سختی	درصد تغییر طول نسبی شکست
۲۰۰GPa	۰/۳	۲۸۰MPa	۲۷۰-٤۱۰ MPa	۷۸۰۰Kg/m^3	۰/۱	٦٥HRB	٪۲۸

٥- نتایج و بحث

در این مقاله روش جدید برای شکل‌دهی ورق‌های فلزی ارائه گردید. میزان نیروی تولید شده جهت فرایند با استفاده از روابط ترمودینامیکی محاسبه و با نتایج تجربی مقایسه گردید. حرارت تولید شده توسط فعل و انفعال شیمیایی ماده در این آزمایش با توجه به میزان ماده مصرف شده حدود $200\ ^{\circ}C$ می‌باشد.

حرارت فوق، جریان مواد را در حالت پلاستیک تسهیل می‌کند و از این رو شکل گیری ورق بدون وجودچروک خوردگی راحت‌تر صورت می‌گیرد.

علاوه بر این، به دلیل حداقل تماس ورق با ورق گیر نیاز به دور بری، کمتری دارد. در این فرایند ماده شیمیایی مصرف شده قابل باز یابی است و نیازی به تجهیزات گران قیمت از قبیل دستگاه پرس و مصرف انرژی بالا جهت تولید نیرو نمی‌باشد.

این روش می تواند با داشتن مزایای فوق برای تولید قطعات با تیراژ کم در کارگاههای کوچک و متوسط بکار گرفته شود که در این صورت هزینه تولید آن بعلت حذف پرس به نحو چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

با توجه به همزمانی اعمال نیرو با ایجاد حرارت، ورق‌های فولادی با قابلیت کشش پایین را می‌توان شکل داد که این عمل باعث استحکام قطعه شده و از طرف دیگر، به دلیل کاهش قیمت مواد مصرفی، قدرت رقابت در بازار را افزایش می‌دهد.

٦- نتیجه گیری

این مقاله به معرفی یک روش جدید شکل دهی ورق با استفاده از انرژی فعل و انفعال شیمیایی می‌پردازد. مزایای این روش عبارتند از:

۱-عدم نیاز به تجهیزات اعمال نیرو مانند پرس

۲-ایمنی بالاتر نسبت به روشهای متداول

۳-هزینه تولید کمتر

٤-کاهش قیمت مواد مصرفی با جایگزین کردن ورق با قابلیت کشش کمتر (مانند ورق روغنی)

٥-جریان بهتر مواد در ورق‌های فلزی در طی فرایند شکل دهی به دلیل تولید حرارت در طی فعل وافعال شیمیایی

٦-نیروی اعمال شده به صورت فشار هیدروستاتیکی ناشی از انبساط ماده شیمیایی است که چون در ابتدا به صورت سیال می‌باشد، قابلیت اعمال نیرودر تمام سطوح را داراست و از این رو شکل‌گیری اشکال پیچیده با این روش ساده‌تر می‌باشد.

مراجع

1- Asme, Handbook of metal forming

2- Ira.N.Levine, Phisical Chemistry, "Standard state thermodynamic properties at 25' c and 1 bar. "pp 877, Mc Graw – Hill Book Co, Fourth edition

۳- رابرت ای. آلبرتی، رابرت. جی. سیلبی، شیمی فیزیک، جلد اول ترمو دینامیک "خواص ترمو دینامیکی مواد شمیمیایی در $25\ ^{\circ}C$ و ۱bar، ص٤٥٧، ترجمه دکتر علی اصغر زینی اصفهانی، انتشارات مرکز دانشگاهی، تهران

www.SID.ir