SSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):75-79.

A Review of the Applications of Additive Manufacturing Technologies in Marine Industries

ARTICLE INFO

Authors
Karami M.[1],
Mohammadi MA.[2*]

[1] Amir Kabir Uniersity, Ship Building Engineering Department, Teran, Iran.
[2] University of Hormozgan, Mechanical Engineering Department, Bandar Abbas, Iran.

*** Correspondence**
Address: University of Hormozgan, Mechanical Engineering Department, Bandar Abbas, Iran.
mohammadi_66@yahoo.com

How to cite this article
Karami M, Mohammadi MA. A Review of the Applications of Additive Manufacturing Technologies in Marine Industries. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):75-79.

ABSTRACT

Additive manufacturing technology has been initially dedicated to the development of small parts and prototype models. Now it is rapidly developing towards the manufacture of functional and larger components. In general, no manufacturing technology developed in the modern industrial age has the potential to transform how components are designed and manufactured as much as additive manufacturing technologies. The flexibility in additive manufacturing has caused many industries, including marine industries in every corner of the world, to seek the use and development of technology, and adopt more programs for 3D printing in the near future. By using the technology, maritime craftsmen are able to create accurate models of their products through 3D modeling software; Therefore, they will be able to make their designs better and more reliably.

Keywords Additive manufacturing Technology, Marine Industries, 3D Modeling Software

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته
مهر ۱۴۰۲، دوره ۲۳، شماره ۱۰، صفحه ۷۵-۷۹

مروری بر کاربردهای فناوری‌های ساخت افزودنی در صنایع دریایی

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها
میلاد کرمی[۱]
محمدعلی محمدی[۲*]

[۱] کارشناس ارشد کشتی سازی، دانشگاه امیر کبیر، تهران، ایران
[۲] دکتری مکانیک، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

*** نویسنده مسئول**
آدرس:بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، دانشکده مهندسی مکانیک
mohammadi_66@yahoo.com

چکیده

فناوری ساخت افزایشی که در ابتدا به توسعه قطعات کوچک و مدل‌های نمونه اولیه اختصاص داشت، به سرعت در حال توسعه به سمت ساخت قطعات کاربردی و بزرگ‌تر است. به طور کلی، هیچ فناوری ساختی که در عصر صنعتی مدرن توسعه یافته است، به اندازه فناوری‌های ساخت افزایشی، پتانسیل تغییر شکل‌دادن به نحوه طراحی و ساخت قطعات را ندارد. این انعطاف‌پذیری در ساخت افزایشی باعث شده است که صنایع زیادی ازجمله صنایع دریایی در هر گوشه دنیا، به دنبال استفاده و توسعه این فناوری باشند و در آینده نزدیک، برنامه‌های بیشتری برای چاپ سه‌بعدی اتخاذ نمایند. با استفاده از این تکنولوژی، فعالان صنعت دریایی موفق خواهند شد تا با کمک گرفتن از نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی، مدل‌های دقیقی از محصولات خود را ساخته و ارائه دهند، تا با این کار بتوانند طرح‌های خود را بهتر و با قابلیت اطمینان بیشتری بسازند. نگاه فناوری ساخت افزودنی یک نگاه با شاخص باز (بهتر، ارزان‌تر و زودتر) است.

کلیدواژه‌ها فناوری ساخت افزایشی، صنایع دریایی، نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-11]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.14.4]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.75]

۱- مقدمه

در دنیای امروزی برای شکل‌دهی به مواد طبیعی، فرآیندهای ساخت بی‌شماری وجود دارد. در چند دهه اخیر، با صنعتی‌تر شدن و نیاز بیشتر کشورها به تولید محصولات و همچنین کمبود منابع طبیعی، مهندسان ساخت سعی کردند تا فرآیندهای ساختی با صرفه اقتصادی بیشتر را توسعه دهند. یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های توسعه‌یافته در ۴ دهه اخیر، تکنولوژی ساخت افزایشی است که با استقبال گسترده‌ای نیز روبرو شده است. تکنولوژی ساخت افزایشی یا به عبارت دیگر پرینت سه‌بعدی، به مجموعه‌ای از فرآیندهای طراحی و ساخت گفته می‌شود که به کمک آن‌ها می‌توان قطعات را به صورت افزایشی و نه کاهشی(ساخت کاهشی که بیشتر تحت عنوان ماشینکاری شناخته می‌شود)، تولید کرد[1]. در این تکنولوژی، مواد خام به صورت پودر، رشته، مایع و یا ترکیبی از این حالت‌ها هستند و برای ساخت قطعات، این مواد به صورت لایه لایه روی هم قرار داده می‌شوند تا در نهایت، شکل کلی قطعه به دست آید. چون برای ساخت قطعه در هر مرحله، ماده اولیه به مواد قبلی اضافه می‌شود، به آن ساخت افزایشی می‌گویند[2].

در یک نگاه کلی می‌توان گفت که بیشتر تکنیک‌های ساخت افزایشی مواد، بر پایه ساخت لایه لایه است. اگرچه تکنیک‌هایی نیز وجود دارند که از منطق لایه لایه پیروی نمی‌کنند. این فناوری، از طراحی به کمک کامپیوتر برای ایجاد مدل سه‌بعدی از طریق روش لایه‌ای استفاده می‌کند. به این صورت که این فایل بعد از طراحی در نرم‌افزارهای مرسوم طراحی(شامل کتیا، سالیدورکس و...)، وارد یک نرم‌افزار لایه‌گذار(اسلایسر) می‌شود. در این نرم‌افزار، فایل سه‌بعدی در یک جهت برش می‌خورد تا به تعدادی لایه دو بعدی با ضخامت برابر، تبدیل شود. سپس الگوی هرکدام از لایه‌ها، به کدهای قابل درک برای موتورهای دستگاه تبدیل شده و در نهایت این دستورات به ماشین داده می‌شود تا طبق الگوی هر لایه، حرکت کند و بعد از اتمام هر لایه، به سراغ لایه بعدی برود تا کل قطعه تمام شود. این فناوری با قرار دادن مواد براساس داده‌های طراحی سه‌بعدی دیجیتال، با استفاده از مواد قابل اتصال مانند پودر فلز یا پلاستیک و... لایه به لایه قطعات را می‌سازد. در تکنولوژی ساخت افزایشی، موضوع هندسه اصولاً یک چالش نیست؛ به علت ماهیت لایه لایه‌ای فرآیند ساخت، هر مدل هندسه‌ای توسط این تکنولوژی، قابل تولید است[3]. حتی پیچیدگی بیشتر هندسه باعث تغییر فرآیند و یا پیچیده‌تر شدن آن نیز نمی‌شود. این وابسته نبودن پارامترهای فرآیند به پیچیدگی هندسه قطعه تولیدی، یکی از اصلی‌ترین مزایای تکنولوژی ساخت افزایشی است. در شکل ۱، شماتیکی از کل فرآیند طراحی و تولید افزایشی نشان داده شده است.

شکل ۱) مراحل فرآیند طراحی و تولید افزایشی

۲- اهمیت ساخت افزایشی در صنایع دریایی

یکی از به‌روزترین فناوری‌های صنعت کشتی‌سازی در جهان، استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی در طول فرآیند ساخت کشتی و تجهیزات دریایی، برای بهبود کارایی و کیفیت محصولات است. از آنجا که استفاده از این فناوری به ویژه در کشتی‌سازی می‌تواند رویکردهای جدیدی را برای تولید تعداد وسیعی از اجزای کشتی به ارمغان آورد، صنعت کشتی‌سازی به طور فزاینده‌ای از فناوری پرینت سه‌بعدی برای بهبود کارایی و کیفیت قطعات تولیدی استفاده می‌کند. انتظار می‌رود، این فناوری، استانداردهای طراحی را در صنعت دریایی بهبود بخشده و رشد صنعت جهانی کشتی‌سازی را در سال‌های آینده، تسهیل نماید. در حال حاضر، دو زمینه اصلی کاربرد ساخت افزایشی در صنایع دریایی مورد توجه می‌باشد: مورد اول، ایجاد یک زیرساخت برای تأمین قطعات یدکی پرینت سه‌بعدی در بنادر اصلی و مورد دوم، بهره‌برداری از قابلیت‌های منحصر به فرد فناوری ساخت افزایشی برای ساخت قطعاتی که هیچ فرآیند تولید دیگری نمی‌تواند تولید کند و یا تولید آن قطعات با این روش، به صرفه‌تر و یا خواص مکانیکی بهتر است[4].

۳- کاربرد ساخت افزایشی در صنایع دریایی

کاربرد اصلی پرینتر سه‌بعدی فلزی در صنایع دریایی و صنایع وابسته، ساخت پروانه‌ها، تابلوهای صنعتی، قطعات برنزی و شیرهای صنعتی می‌باشد. به عنوان مثال، یکی از مهم‌ترین کاربردها، ساخت پروانه و تیغه‌هایی است که روش ساخت سنتی آن‌ها بسیار پیچیده و شامل چندین مرحله با استفاده از دستگاه‌هایی با ابعاد بزرگ و هزینه بالا می‌باشد. یکی از نمونه‌های ساخته شده با روش ساخت افزایشی، تیغه رانشگر توخالی با ساختار داخلی لانه زنبوری تیتانیومی می‌باشد که ساخت این محصول، باعث ایجاد تحولی عظیم در صنعت دریایی می‌باشد[5]. در شکل ۲، این پروانه قابل مشاهده است.

شکل ۲) پروانه فلزی ساخته شده با فناوری ساخت افزایشی

همچنین ساخت شیرهای مورد استفاده در صنایع دریایی که نیاز به مقاومت بالا در برابر خوردگی دارند و بدین منظور با استفاده از پرینت سه‌بعدی می‌توان آن را با دو جنس مختلف ساخت، نیز یکی از کاربردهای این فناوری در صنایع دریایی است[6]. به عنوان مثال برای ساخت یک شیر برودتی با بدنه شیر از فولاد ضد زنگ ۳۱۶ اِل، در حالیکه داخل آن که در معرض محیط‌های برودتی قرار می‌گیرد، با یک لایه ۳ میلی‌متری از اینکونل ۶۲۵، مقاوم در برابر خوردگی است؛ این در حالی است که متخصصان

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-11]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.14.4]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.75]

کره‌ای این قطعه را با استفاده از ماشینکاری ۵ محوره همزمان تولید کرده‌اند و هیچ فرآیند جایگزینی برای ترکیب دو ماده در چنین هندسه پیچیده‌ای وجود ندارد. این دو ماده توسط دو نازل مجزا که به طور متناوب کار می‌کنند، اعمال می‌شوند. در شکل ۳، این شیر نشان داده شده است.

شکل ۳) شیر ساخته شده از دو جنس، با کمک فناوری ساخت افزایشی

یکی دیگر از کاربردهای این فناوری، برای تولید و تأمین قطعات با هزینه کم و دسترسی بالا روی کشتی و نفت‌کش می‌باشد که روی شناور، قطعات تعمیری پرینت شده و جایگزین شوند. به عنوان مثال یکی از برجسته‌ترین شرکت‌های کشتی‌سازی یعنی مارسک تانکر، می‌تواند قطعات خود را روی کشتی، چاپ نماید. معمولاً قطعاتی از این نوع، با تجهیزاتی ساخته می‌شوند که معمولاً بیش از حد بزرگ هستند و به راحتی روی کشتی قرار نمی‌گیرند؛ با این حال، اندازه نسبتاً کوچک پرینترهای فلزی، اکنون به کشتی‌ها اجازه می‌دهد تا توانایی تولید خود را افزایش دهند. آزمایش‌های دقیق و صلاحیت قطعات نشان داده که این قطعات، نسبت به نمونه‌های سنتی خود، برتر بوده و این یک پیشرفت کلیدی در فناوری است که مطمئناً نقش مهمی در آینده صنعت دارد[7].

با کشف مزایای ساخت افزایشی در مقایسه با ریخته‌گری و فورجینگ(مانند کنترل بهتر کیفیت، ساختار داخلی سازگارتر، اشکال نوآورانه و زمان تحویل کوتاه‌تر) تعدادی از پروژه‌های منحصر به فرد ظهور کرده‌اند. علاوه بر این، قطعات چاپ‌شده با ساخت افزایشی، در مقایسه با قطعات ریخته‌گری که ریزساختار آن‌ها از سطح به سمت هسته، متفاوت است، به طور کلی با استحکام بالاتر به دلیل ریزساختار منظم‌تر، مشخص می‌شوند[8]. در شکل ۴، یک پروانه فلزی شناور که با فناوری ساخت افزایشی به جای ریخته‌گری ساخته شده، آورده شده است.

شکل ٤) پروانه شناور ساخته شده با کمک فناوری ساخت افزایشی

همچنین به کمک فناوری ساخت افزایشی می‌توان قایق بادبانی ساخت. به تازگی شرکت جدید ایتالیایی که در حوزه ساخت قایق‌های بادبانی فعالیت زیادی دارد، موفق شده است یک قایق بادبانی را توسعه داده و بسازد که با سرعت بسیار بالایی حرکت کرده و وزن بسیار کمتری نسبت به نمونه‌های ساخته شده به روش‌های دیگر دارد. کاربران و مصرف‌کنندگان، با استفاده از این تکنولوژی خواهند توانست به محصولات با دوام‌تر و با قیمت بسیار پایینی دست یابند. حتی با استفاده از این تکنولوژی، مشتریان می‌توانند طرح‌های خود را ارائه دهند و پس از تجزیه و تحلیل آن‌ها توسط متخصصان، نمونه‌هایی از مدل سه‌بعدی آن‌ها ارائه می‌شود و در صورت رضایت آن‌ها از مدل‌های ساخته شده، خواهند توانست محصول نهایی را به راحتی در اختیار آن‌ها قرار دهند[9].

عوامل متعددی صنعت دریانوردی را از دیگر صنایع متمایز می‌کند: بسیاری از قطعات، بزرگ‌تر و سنگین‌تر هستند و ایمنی جان و مال در دریا، به مجموعه معیارهای متفاوتی بستگی دارد. شرکت‌ها باید اطمینان حاصل کنند که فرآیندها، مواد و تجهیزات مورد استفاده برای ساخت اجزای حیاتی کشتی، الزامات کلاس قابل اجرا را برآورده می‌کنند. این بدان معناست که وقتی یک فناوری ساخت جدید وارد عمل می‌شود، باید استانداردها و قوانین مناسبی تعریف شود که براساس آن‌ها آزمایش شود.

۴- شناسایی چالش‌های موجود در تولید قطعات صنایع دریایی با استفاده از فناوری ساخت افزایشی

در صنایع دریایی نیز چالش‌ها باید براساس ویژگی‌های خاص این صنعت، شناسایی و بررسی شوند. به طور کلی در هر صنعت همواره مجموعه‌ای از چالش‌های فنی و اقتصادی در حوزه ساخت و تولید، مطرح است و نمی‌توان اهمیت هر یک را نادیده گرفت. اما موضوعی که باعث تغییر دیدگاه در فناوری‌های استفاده شده در ساخت قطعات هر صنعت می‌شود، شناسایی و بررسی چالش‌های اصلی و خاص آن صنعت می‌باشد. شاید بتوان چالش‌های اصلی حوزه ساخت و تولید قطعات صنایع دریایی را در چند دسته‌بندی، خلاصه کرد که در زیر به آن‌ها پرداخته شده است[10].

۴-۱- استحکام بالا و کافی قطعات

در صنایع دریایی، با ماشین‌آلات و تجهیزاتی سروکار داریم که وظیفه آن‌ها تحمل و انتقال نیروهای شدید می‌باشد بنابراین هر جزء، باید استحکام کافی را دارا باشد. در برخی موارد، استفاده از فرآیندهای افزایشی، خواص مکانیکی حتی بهتر از روش‌های سنتی به وجود می‌آورد و در واقع عیوب ایجاد شده در قطعه نسبت به روش‌های تولیدی سنتی، کمتر است.

۴-۲- مقاومت بالا نسبت به خوردگی شیمیایی مخصوصاً خوردگی آب دریا

قطعاتی که در صنعت دریایی استفاده می‌شوند، باید مقاومت نسبت به خوردگی بالایی داشته باشند. موادی که به طور مستقیم با آب دریا در تماس هستند، تحت تأثیر خوردگی شدید قرار می‌گیرند. خوردگی شیمیایی قطعات، صرفاً مربوط به ظاهر زنگ‌زده و نامطلوب آن‌ها نیست، بلکه این خوردگی‌ها بر روی خواص ماده، به شدت تأثیرگذار هستند. در بین فرآیندهای ساخت افزایشی که توانایی پرینت فلزات را دارند، تقریباً همگی توانایی پرینت فلزاتی که در مقابل خوردگی مقاوم هستند را نیز دارند. چه دستگاه‌های مبتنی بر پودر فلز و چه دستگاه‌های

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-11]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.14.4]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.75]

مبتنی بر مفتول فلزی، می‌توانند قطعاتی از انواع مواد فلزی مقاوم به خوردگی مانند فولادهای ضدزنگ، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس و آلیاژهای تیتانیوم را پرینت کنند. همچنین پرینترهای غیرفلزی، قابلیت ساخت قطعات پلیمری کاملاً کاربردی را دارند. به این معنی که، در برخی از تجهیزات صنایع دریایی، می‌توان قطعاتی را که اکنون با فولادهای غیرمقاوم در برابر خوردگی ساخته می‌شوند، را در صورت امکان با قطعات پلیمری که خواص مکانیکی مشابه داشته باشند، ولی نسبت به خوردگی مقاوم هستند، تغییر داد.

۴-۳- ابعاد بزرگ قطعات

در صنایع دریایی، یکی از چالش‌های اساسی، بزرگی ابعاد قطعات است. در صنعت امروزی دریایی، برای ساختن اینگونه قطعات، از چندین فرآیند ساخت متوالی استفاده می‌کنند. در این چالش، ساخت افزایشی کمی ضعیف‌تر عمل می‌نماید. به طور کلی، فناوری‌های ساخت افزایشی بیشتر برای ساخت قطعات کاربردی و پیچیده ولی با ابعاد محدود استفاده می‌شوند اما امروزه چندین فرآیند ساخت افزایشی، توسعه یافته است که تمرکز اصلی آن‌ها، ساخت قطعات فلزی با ابعاد بزرگ است.

۴-۴- نیاز به استفاده از مواد کامپوزیتی

در صنایع دریایی، هنگامی که صحبت از شناورهای کوچک و تندرو باشد، نیاز به مواد مستحکم، کمتر می‌شود. از طرفی برای دستیابی به سرعت بالاتر و مصرف سوخت کمتر، نیاز به سبک-بودن، امری مهم است. بنابراین یکی از کاربردهای مواد کامپوزیتی در صنایع دریایی، استفاده از آن‌ها برای ساخت بدنه شناورهای کوچک است. همچنین از این مواد برای ساخت تجهیزات داخلی قایق‌ها و کشتی‌ها مانند کمدها، نیمکت‌ها و... برای سبک کردن وزن کلی شناور استفاده می‌شود. در حل این چالش می‌توان بیان داشت که فناوری ساخت افزایشی، قادر به تولید مواد کامپوزیتی نیز می‌باشد و کمک شایانی در حل این چالش خواهد داشت.

۴-۵- مواد اولیه گران قیمت

در صنایع دریایی موضوع قیمت ماده اولیه وقتی به چالش تبدیل می‌شود که ابعاد قطعات در نظر گرفته شود. درباره این چالش می‌توان گفت که در یک جرم یکسان، هزینه مواد اولیه دستگاه‌های پرینتر سه‌بعدی، به مراتب بیشتر از هر روش ساخت سنتی است ولی با توجه به اینکه درصد تبدیل‌شدن مواد خام به قطعه نهایی در مورد قطعات پرینت شده، بسیار بالا است، معمولا هزینه ماده اولیه در هزینه کل ساخت یک قطعه، توجیه دارد. با توجه به اینکه ساخت افزایشی، تعداد مراحل و فرآیندهای ساخت را کم می‌کند؛ در هزینه کل تولید یک قطعه نیز صرفه‌جویی می‌کند.

۴-۶- قابلیت تعویض راحت قطعات

یکی از ویژگی‌های مهم طراحی و تولید قطعات و مکانیزم‌ها در صنایع دریایی، ماژولار بودن سیستم‌ها و قابلیت تعویض راحت قطعات است. این قابلیت موجب می‌شود تا زمانیکه شناورها در نزدیکی خشکی نیستند، اگر قطعه‌ای خراب شد و یا نیاز به تعمیر داشت، بتوان آن را به راحتی از بقیه اجزا جدا کرد و با قطعه یدکی تعویض و یا تعمیرش کرد. درباره این چالش، مزیت فناوری ساخت افزایشی در مجتمع بودن ماشین‌آلات تولیدی آن است به طوری که به راحتی می‌توان آن‌ها را در مکان‌های کوچک قرار داد و از آن‌ها برای تولید قطعات استفاده کرد.

۴-۷- قابلیت ساخت قطعات بر روی خود شناور

یکی از ویژگی‌های مهم و منحصر به فرد صنایع دریایی، نیاز به ساخت و یا تعمیر قطعات بر روی خود شناور است. مزیت اصلی فناوری‌های ساخت افزایشی، کاهش تعداد و مراحل فرآیندهای تولیدی قطعات است. این مزیت باعث می‌شودکه برای ساخت و یا تعمیر قطعات با فناوری ساخت افزایشی، به تعداد کمتری ماشین‌آلات و دستگاه‌ها نیاز باشد. در واقع یک ماشین پرینتر فلزی، می‌تواند در یک مرحله، کار چندین دستگاه ماشین تراش و فرز CNC را انجام دهد.

۴-۸- قابلیت ساخت قطعات با حداقل تعداد و زمان فرآیند

هرچه تعداد و زمان فرآیندهای ساخت قطعات کمتر باشد، هزینه تولید پایین‌تر است. در صنایع دریایی و مخصوصاً هنگامی که قصد داریم قطعات را بر روی خود شناور بسازیم، موضوع کاهش تعداد و زمان فرآیندها، بسیار اهمیت پیدا می‌کند. فناوری ساخت افزایشی، در حل این چالش، پیشگام است و می‌تواند قطعات با خواص مکانیکی یکسان را با زمان و هزینه بسیار کمتر از روش‌های سنتی بسازد. به همین دلیل، استفاده از فناوری‌های ساخت افزایشی در صنایع دریایی توجیه فنی و اقتصادی دارد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در صنایع دریایی، فناوری ساخت افزایشی می‌تواند برای تولید نمونه اولیه، ساخت یک قطعه یدکی(محصول مشابه نمونه ساخته‌شده و یا بهینه‌سازی شده آن قطعه) و یا تعمیر یک قطعه، مورد استفاده قرار گیرد. در سال‌های اخیر، تحقیقات بسیاری بر روی ساخت افزایشی به‌خصوص در حوزه صنایع دریایی صورت گرفته است. زیرا در صنعت، اهمیت یکپارچه‌بودن تیم‌ها، به حداقل‌رساندن زمان فرآیند ساخت و مواد دور ریز، استفاده از فناوری‌های جدید و دیجیتال، به حداکثر رساندن تولید و کاهش نیاز به حمل و نقل، باعث شده است که به سمت فناوری‌های انعطاف‌پذیرتر ساخت افزایشی پیش روند. روش-های ساخت افزایشی را می‌توان هم برای ساخت قطعات جدید مورد استفاده در تجهیزات دریایی و هم برای تعمیر و بازسازی اجزای فرسوده استفاده کرد. اما این روش به عنوان یک روش بازسازی، هنوز فناوری توسعه یافته‌ای نیست که به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد. چشم‌انداز توسعه روش‌های افزایشی در زمینه بازسازی قطعات ماشین، شامل تعمیر قطعاتی است که دیگر ساخته نمی‌شوند یا به سختی می‌توان آن‌ها را تهیه کرد، بدون نیاز به کپی‌برداری از آن‌ها یا تعمیر قطعاتی که جداسازی آن‌ها دشوار است. چنین تعمیری را می‌توان مستقیماً روی دستگاه انجام داد. این راه‌حل همچنین در هنگام بازسازی قطعات اضطراری کار می‌کند تا امکان ادامه عملیات کوتاه مدت را فراهم کند.

تشکر و قدردانی: نویسندگان این پژوهش بدینوسیله کمال تشکر و سپاسگزاری خود را از مسئولین برگزاری همایش به عمل می‌آورند.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-11]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.14.4]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.75]

تاییدیه اخلاقی: نویسندگان در تهیه و تنظیم این مقاله، رعایت کامل اصول اخلاقی را مدنظر قرار داده و هنگام استفاده از منابع علمی، به آن‌ها به عنوان مرجع اشاره کرده‌اند.
تعارض منافع: تمامی مطالب مذکور در این مقاله توسط نویسندگان آن انجام شده و هیچ فرد یا نهادی در تهیه آن نقش نداشته است.
منابع مالی: تمامی منابع مالی این تحقیق توسط نویسندگان مقاله تأمین شده است.

مراجع

1- N. Guo, M. C. Leu. Additive manufacturing: technology, applications and research needs. Frontiers of Mechanical Engineering, 8(3), pp. 215–243, 2013.
2- Gebhardt A, Understanding Additive Manufacturing. In: Understanding Additive Manufacturing. 2012. p. I–IX. Available from: http://www.hanserelibrary.com/doi/book/10.3139/978344643162.
3- Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R. An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. Procedia Manufacturing. 2019;35:1286-96.
4- Durgun I. Sheet metal forming using FDM rapid prototype tool. Rapid Prototyping Journal. 2015.
5- Patterson AE, Chadha C, Jasiuk IM. Identification and Mapping of Manufacturability Constraints for Extrusion-Based Additive Manufacturing. Journal of Manufacturing and Materials Processing. 2021;5(2).
6- Groover MP. Fundamentals of modern manufacturing: materials processes, and systems: John Wiley & Sons; 2007.
7- Valkenaers H, Vogeler F ,Ferraris E, Voet A, Kruth J-P, editors. A novel approach to additive manufactud.irring: screw extrusion 3D-printing. Proceedings of the 10th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture; 2013: Research Publishing; Singapore.
8- Netto JMJ, Idogava HT, Santos LEF, de Castro Silveira Z, Romio P, Alves JL. Screw-assisted 3D printing with granulated materials: a systematic review. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021:1-17.
9- M. D. Ugur, B. Gharehpapagh, U. Yaman, & M. Dolen, The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0, Procedia Manufacturing, Vol. 11, pp. 545-554, 2017.
10- H. J. Van, Additive manufacturing of shape memory alloy, Shape memory and superelasticity, Vol. 4, No. 2, pp. 309-312, 2018.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-11]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.14.4]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.75]