نشریه مهندسی مکانیک
نشریه علمی انجمن مهندسان مکانیک ایران
ISME

ISSN: 1605-9719
DOI: 10.30506/MMEP.2021.138419.1862

امکان‌سنجی طراحی و ساخت قید و بند به کمک برنامه‌ریزی فرایند (مطالعه موردی پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵)

هادی تقی‌ملک*

محمدرضا مرکی
مربی گروه مواد، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند

مسعود محمودی
استادیار گروه مکانیک، دانشکده مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان

مجید آذرگمان
دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۶

چکیده: مدیریت و برنامه‌ریزی فرایند، تصمیمی با بهره‌گیری از منابع محدود جهت رسیدن به هدف مشخصی را دنبال می‌کند. بنابراین مدیریت تولید می‌تواند به عنوان فرایند تصمیم‌گیری در زمینه مباحث تولیدی، برنامه ریزی، سازماندهی، کنترل، هدایت یا انگیزش نیروی انسانی در نظر گرفت. از آن رو که در صنعت، برای اطمینان از جواب‌دهی محصول ابتدا به صورت تولید تکی یا کارگاهی و سپس به صورت تولید انبوه عمل می‌کنند. در مطالعه حاضر برای پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵ مدل کامپیوتری و قید و بند ساخته شد. به کمک جداول برنامه‌ریزی و برگ عملیات، مشخصات مهم محصول، مشخصات مهم فرایند و طرح کنترل بررسی شد. با توجه به شکل هندسی قطعه مورد نظر روش‌های ریخته‌گری و ماشین‌کاری در تولید محصول مد نظر است. جهت انجام عملیات ماشین‌کاری نهایی قید و بند طراحی و ساخته شد. نتایج حاصل از تطابق و سازگاری بالا بین نمونه تولیدی و نمونه اولیه شرکت ایران خودرو را نشان می‌دهد. با توجه به سازگاری بالا، می‌توان ادعا کرد که محصول تولیدشده از نظر کیفیت، ساخت و در نهایت هزینه در سطح بهتری قرار دارد.

واژه‌های راهنما: پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵، قید و بند، برنامه‌ریزی فرایند، ساخت و تولید

Feasibility study of design and construction of fixture with the help of process planning (Case study of Peugeot 405 brake pump shell)

Hadi Tagimalek

Mohammad R. Maraki
Instructor, Birjand University of Technology, Iran

Masoud Mahmodi
Assistant Professor, Faculty of Mechanics, Semnan University, Iran

Majid Azargoman
PhD Student, Semnan University, Iran

Abstract: Process planning and management is a decision that uses limited resources to achieve a specific goal. Therefore, production management can be considered as a decision-making process in the field of production issues, planning, organizing, controlling, directing, or motivating human resources. Because in the industry, to ensure product responsiveness, they first act as a single production and workshop and then as mass production. In the present study, a CAD computer model and a fixture were made for the Peugeot 405 brake pump shell. According to the geometric shape of the sample, casting and machining methods are considered in the production of the product. The restraint was designed and made for the final-machining operation. With the help of planning tables and operations sheets, important product specifications, important process specifications, design plans were controlled and reviewed. The results show high compatibility between the production sample and the prototype of Iran Khodro (IKCO) Company. Due to the high compatibility, it can be claimed that the product produced is at a better level in terms of quality, manufacturing and ultimately cost.

Keywords: Peugeot 405 brake pump shell, Fixture, Process planning, Manufacturing

* نویسنده مسؤول، h_tagimalek@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

به طور سنتی تولید با سه عملکرد مهم که شامل: برنامه‌ریزی فرایند، برنامه‌ریزی و تعیین تاریخ نهایی بوده که به طور جداگانه و به ترتیب انجام می‌شود. رقابت شدید در بازار جهانی و داخلی شرکت‌ها را مجبور به تولید با قیمت ارزان‌تر و سریع‌تر کرد. این رقابت، شرکت‌ها را مجبور به استفاده از روش‌های بهینه‌سازی فرایند کرد. برنامه‌ریزی فرایند با استفاده از جداول مخصوص به بررسی مشکلات و ملاحظات لازم از طراحی تا ساخت به منظور کوتاه کردن روند طی کمک شایانی می‌کند.

کریسلوریز و همکاران طی پژوهشی در سال ۱۹۸۵ به استفاده از برنامه‌ریزی برای فرایندهای ماشین‌کاری پرداختند. نتایج حاصله بیشترین تأثیرگذاری را در بخش کاهش زمان، سرعت تولید و در نهایت کاهش هزینه‌ها نشان داد [۱].

ویدون و همکاران در سال ۲۰۱۱ در تحقیقات خود الگوریتم ACO را مورد بررسی قرار دادند. در این روش تفاوت اصلی در ادغام زمان‌بندی در انواع فرایندهای قابل اجرا است. برای هر چه بهتر شدن سیستم‌های تولید محققان به استفاده از الگوریتم-هایی در این زمینه پرداختند [۲]. ژانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ پژوهش‌های خود را با استفاده از یکپارچه کردن زمان پردازش و انتظار، محتوای کل کار، زمان در اولین تولید محصول و کوتاه‌ترین زمان پردازش گسترش دادند [۳]. در همان جهت، مقدار مطالعات نیز از اهمیت بالای این طرح خبر می‌دهد. اردن و همکاران سال ۲۰۱۹ در پژوهشی به مطالعات یکپارچه با ترکیبی از سه عملکرد: برنامه‌ریزی و برنامه‌ریزی یکپارچه فرایند و تعیین تاریخ به موقع پرداختند. با این حال، مطالعات و یافته‌های جدید نشان از کمبودهایی در این زمینه است. آن‌های در این مطالعه، به ادغام سه عملکرد تولیدی مورد بحث پرداختند، که نتایج حاصل نشان داد که ادغام روش‌های موجود بهترین پاسخ را خواهد داد [۴].

در صنایع خودروسازی با افزایش خواسته‌های مشتریان و افزایش رقابت استانداردهای مدیریت کیفیت تکامل یافت. تاکنون رده استانداردهای مختلفی مثل ISO، TS، VDA و QS استفاده گرفته‌اند [۵]. از برنامه‌ریزی فرایند خواسته می‌شود که هزینه لازم برای تولید را با توجه به اطلاعات موجود در مورد هزینه، عمر و ... مشخص کند. از این اطلاعات برای تخمین هزینه واحد و سودآوری محصول استفاده می‌شود. از اطلاعات هزینه فرم‌بندی برنامه فرایند برای تصمیم گیری در مورد نوع ماده قطعه‌کار، نوع برنامه فرایند قابل استفاده، تیراژ تولید و تصمیم‌گیری در مورد اینکه قطعه‌ای ساخته یا خریده شود، استفاده می‌شود. مرحله اول در تهیه برنامه فرایند استفاده از نقشه‌های مهندسی است. اطلاعات مهم استخراجی از نقشه‌ها شامل هندسه، ابعاد و تلرانس‌های مربوطه، تلرانس‌های هندسی، کیفیت سطح مورد نیاز، خصوصیات ماده و تعداد قطعات مورد نیاز است. با وجود اینکه مهندس طراح موظف به تعیین ماده محصول است اما در بسیاری از موارد مهندس ساخت و تولید است که وظیفه برنامه‌ریزی فرایند را دارد. مهندس ساخت و تولید، همواره باید وارد تعامل با طراح باشد تا در مورد امکان تولید یک ماده به توافق برسند. از طرف دیگر برخی فرایندها ممکن است برای برخی مواد مناسب نباشند. در نهایت مهندس برنامه‌ریزی فرایند وضعیت اولیه قطعه خام را از نظر شکل، ابعاد و عملیات حرارتی مربوطه تعیین می‌کند. معمولاً در مراکز طراحی مهندسی افرادی که وظیفه اجرای برنامه‌ریزی تولید را بر عهده دارند از افراد با تجربه بوده و دقت بسیاری در این مورد اعمال می‌نمایند. در طی اجرای این فرایند قسمت‌های بسیاری از وقت طراح صرف تکرار می‌گردد. این موضوع علاوه بر اینکه باعث بروز اشتباهات احتمالی می‌شود وقت با ارزش طراح نیز بیشتر متوجه کارهای عادی است، لذا با توجه به این نکات و اینکه افراد با تجربه در زمینه برنامه‌ریزی فرایند تولید به‌تدریج کمتر می‌شوند. تلاش‌های وسیعی در مورد ایجاد سیستم‌های کامپیوتری برنامه‌ریزی تولید در دهه‌های اخیر شروع شده است. در این رابطه تعداد زیادی بسته‌های نرم افزاری برای کارهای اختصاصی تهیه شده‌اند. ولی نرم افزاری که قابلیت اجرای کل مراحل برنامه‌ریزی فرایند تولید را به صورت یک‌جا داشته باشد و شامل همه توابع باشد وجود ندارد. برنامه‌ریزی فرایند مستلزم اجرای مراحل زیر است:

- تفسیر، تشخیص و تبدیل اطلاعات قطعه طراحی شده
- انتخاب اعمال ماشین‌کاری
- انتخاب ماشین ابزار
- انتخاب ابزار و شرایط ماشین‌کاری
- طراحی و یا انتخاب قید و بندهای مورد نیاز.

در مطالعه حاضر ساختار مقاله شامل چهار بخش بوده: ۱) مقدمه و توضیحات کامل در مورد پژوهش‌های انجام شده؛ ۲) معرفی مواد، روش، تجهیزات و تمامی مراحل طراحی و ساخت؛ ۳) فرم برنامه‌ریزی فرایند و کنترل‌های انجام شده در روند پیشرفت کار؛ ۴) نتایج حاصل از مطالعه انجام شده است.

۲- مواد، روش و تجهیزات

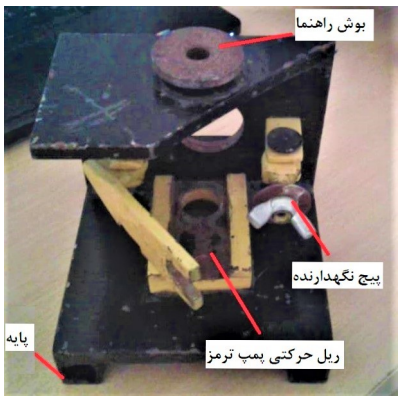
در این مطالعه به طراحی و ساخت قید و بند برای پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵ به کمک برنامه‌ریزی فرایند اقدام شد. در این فرایند از پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵ با شماره فنی ۰۳۲۰۲۲۰۱ [۶] استفاده و نمونه با روش ریخته‌گری تولید و ماشین‌کاری شد. در شکل ۱ تجهیزات مورد استفاده در فرایندهای ماشین‌کاری نشان داده شد. جهت عملیات سوراخ‌های موجود روی نمونه اصلی نیاز به قید و بند مخصوص بوده که بعد طی فرایند طراحی و ساخت شد. قید و بند تولیدی در شکل ۲ نشان داده شد. قید و بند از فولاد ساختمانی به دلیل بار مالی و کاهش هزینه استفاده شده است.

شکل ۳ نمایش چرخ عقب پژو ۴۰۵ و محل نصب پوسته پمپ ترمز در چرخ عقب نشان داده شده است. پوسته پمپ ترمز جهت تقسیم روغن ترمز بر کفشک‌ها هر چرخ کاربرد دارد [۷]. نقشه‌های مهندسی و مدل کامپیوتری در شکل ۴ نمایش داده شده است.

۳- برنامه‌ریزی فرایند

طرح کنترل موجب کاهش زمان، بهبود کیفیت محصولات در طول طراحی، ساخت و مونتاژ خواهد شد. طرح کنترل، ارزیابی کامل از محصول و فرایند را فراهم کرده و مشخصه‌های فرایند را شناسایی می‌کنند.

شکل ۱ تجهیزات مورد استفاده جهت ساخت قید و بند.



شکل ۲ قید و بند تولیدی از طراحی تا ساخت جهت استفاده فرایند سوراخ کاری در نمونه تولیدی.

شکل ۳ چرخ عقب پژو ۴۰۵ به صورت سوار شده.

مشخصات مهم فرایند، ویژگی‌هایی از دستگاه‌ها و تجهیزات فرایند تولید نشان می‌دهد. مشخصات مهم فرایند بر روی مشخصه‌های مهم محصول تأثیرگذار بوده و تعیین این مشخصه‌ها سبب می‌شود تا با کنترل‌های بیشتر و دقیق‌تر در برنامه کنترل تولید، دستیابی به مشخصات مهم محصول میسر گردد. پس از تهیه لیست مشخصات مهم محصول و با توجه به فرم‌های فرایند تولید در نظر گرفته شده ماتریس محصول فرایند با اهداف کلی تکمیل می‌شود.

سازنده بایستی تحلیل کردن خرابی قطعات و برنامه کنترل فرایند را طبق فرم‌های فرایند تکمیل نموده و به تایید مهندسی کیفیت آن حوزه برساند. سپس خدمات مهندسی بایستی نسبت به ارسال برنامه کنترل و مستندات به منظور بررسی و تایید در تیم پروژه به شرکت سازنده اقدام نماید. مستندات از جمله:

۱. نقشه و مدارک فنی.
۲. سوابق مشکلات کیفی.
۳. مشخصات مهم محصول.
۴. OPC
۵. ماتریس مشخصات محصول فرایند.
۶. مشخصات مهم فرایند.
۷. تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه.

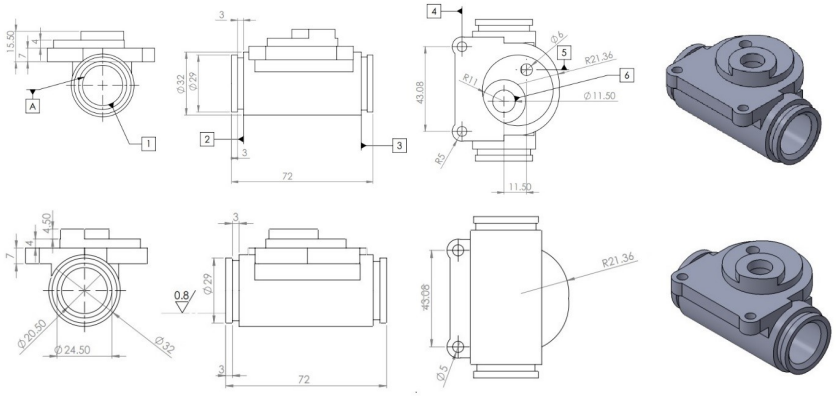
مدارک تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه به عنوان اولین مدرک زنده در طول فرایند تولید قطعه محسوب می‌شود. و باید به طور مستمر برای شناسایی حالات خرابی فرایند و تحلیل دلایل آن‌ها توسط سازنده مورد استفاده قرار گرفته و از نتایج آن برای اصلاح و بهبود برنامه کنترل استفاده شود. این مدرک می‌بایست تا قبل از انجام ممیزی نمونه اولیه تهیه شده و بررسی‌های لازم توسط تیم پروژه در مورد آن اعمال گردد.

برنامه کنترل به عنوان دومین مدرک زنده می‌بایست به طور مداوم در طول فرایند ساخت قطعه مورد توجه قرار گرفته و در صورت لزوم بر اساس نتایج حاصل از تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه توسط سازنده تکمیل گردد. این مدرک می‌بایست تا قبل از انجام ممیزی یک روز خط تولید تهیه شده و بررسی‌های لازم توسط کارشناس ساخت تأمین و در مورد آن اعمال گردد. تهیه برنامه کنترل و تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه جداگانه برای قطعات مشابه یک سازنده ضرورت ندارد. و کافی است در تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه و برنامه کنترل مرجع به موارد خاص تمام این قطعات اشاره شود.

طرح کنترل یکی از الزامات استانداردهای ایزو به خصوص ایزو ۹۰۰۱ است. شرکت‌ها باید از کیفیت و هم‌خوانی مواد اولیه و محصولاتشان با الزامات مطمئن شوند، لذا باید برنامه‌ای برای کنترل عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محصولات داشته باشند. این برنامه مستند را طرح کیفیت یا طرح کنترل می‌نامند. معمولاً در این طرح ابتدا شاخص مورد استفاده‌های کنترلی لازم بر روی مواد اولیه، سپس محصولات نیمه ساخته به ترتیب مراحل تولید و در انتها شاخص مورد استفاده‌های کنترلی محصول نهایی و بسته‌بندی و انبارداری ذکر می‌شود. در تهیه این طرح باید شاخص مورد استفاده‌های کنترلی مشخص شود. این شاخص مورد استفاده ممکن است مربوط به محصول باشد و یا مربوط به فرایند. منظور از محصول، شاخص مورد استفاده‌ای است که روی خود محصول کنترل می‌شود: مثل ظاهر، ابعاد.

منظور از شاخص مورد استفاده فرایند، موردی است که در فرایند و ماشین آلات وجود دارد و در کیفیت محصولات تأثیرگذار است. مورد مهم دیگر در طرح کنترل، تعداد نمونه و زمان نمونه‌گیری است. یعنی هر چند ساعت یک بار و یا هر چند قطعه یک بار، مسئول مربوطه باید اقدام به کنترل نماید و اینکه تعداد نمونه در هر بار نمونه‌گیری چقدر باید باشد. معمولا برای نمونه‌گیری از مواد اولیه و محصول نهایی از روش‌های استاندارد نمونه‌برداری استفاده می‌شود. اما در نمونه‌برداری در حین تولید،

از معیار تجربه استفاده می‌شود. مثلاً به ازای هر ۱۰۰ عدد تولید، ۵ مورد کنترل شود و یا هر دو ساعت یک بار بازرسی کیفیت ۳ قطعه را بررسی نماید. این اعداد با توجه به محصول و موارد کنترلی در سازمان‌ها تعریف می‌شود. موضوع بعدی که در طرح کنترل مهم است، نحوه برخورد با مشکلات و عدم انطباق‌هاست که بایستی مشخص شود. جدول ۱ تا ۶ تمام مستندات و مدارک در برنامه‌ریزی فرایند برای پوسته پمپ ترمز را نشان می‌دهد. فرم خام این مستندات و مدارک از مرجع شماره [۹] به دست آمد.



شکل ۴ نقشه‌های مهندسی پوسته پمپ ترمز [۸].

جدول ۱ طرح کنترل نمونه تولیدی

شماره عملیات	نام عملیات	مشخصات کنترلی	درجه اهمیت	مشخصات اندازه		روش ثبت/کنترل	اقدام رفع عدم مطابقت
		محصول	نماد	روش	تلرانس	مسئول	مسئول
۱	ریخته‌گری	نمونه ریخته‌گری‌شده	B	کولیس	±۰/۵	بازدید چشمی	ریخته‌گر
۲	سوراخ‌کاری	سوراخ به قطر ۲۵ mm	A	برونرو	±۰/۰۵	بازدید چشمی	اپراتور
۳	تراش‌کاری	برآمدگی به قطر ۳۶ mm	A	دهان اژدر	±۰/۰۵	بازدید چشمی	اپراتور
۴	شیارتراشی	شیار اول و آخر پوسته	A	گیج اندازه‌گیری	±۰/۰۲	بازدید چشمی	اپراتور
۵	رزوه‌زنی	دو رزوه به قطر ۵/۵ mm	B	برونرو رزوه‌دار	±۰/۰۵	بازدید چشمی	اپراتور
۶	رزوه‌زنی	رزوه به قطر ۶ mm	B	برو نرو رزوه‌دار	±۰/۰۵	بازدید چشمی	اپراتور
۷	رزوه‌زنی	رزوه به قطر ۱۰/۵ mm	B	برونرو رزوه‌دار	±۰/۰۵	بازدید چشمی	اپراتور
۸	سوراخ‌کاری	سوراخ به قطر ۱ و ۲/۵ mm	A	برونرو	±۰/۰۲	بازدید چشمی	اپراتور

جدول ۲ مشخصات مهم فرایند نمونه تولیدی

ردیف	مشخصات مهم	اهمیت	دلیل اهمیت
۱	انتخاب قالب مناسب برای ریخته‌گری	B	ابعاد کلی نمونه
۲	انتخاب شاخص مورد استفاده مناسب تراشکاری	A	فیت شدن ابعاد نسبت به هم
۳	شاخص مورد استفاده سوراخ‌کاری	A	ایجاد سوراخ‌کاری اصلی و فرعی برای عبور روغن
۴	انتخاب پارمترهای سنگ‌زنی سوراخ	A	عبور روغن بدون افت فشار
۵	رزوه‌زنی سوراخ‌ها	B	اتصال به متعلقات دیگر چرخ عقب
شاخص مورد استفاده را بر حسب درجه اهمیت شناسایی‌شده برای آن، در یکی از سه دسته A، B، C قرار دهید. (مهم‌ترین A)			

جدول ۳ فرم opc پوسته پمپ ترمز تولیدی

تعداد: تولید انبوه	نام محصول/کد: پوسته پمپ ترمز پژو ۴۰۵		
نمودار	فرایند	نوع فرایند	ردیف
	ریخته‌گری پوسته پمپ	Op10	۱
	انبار کردن موقت	S10	۲
	کنترل ابعاد و تلرانس	Tc10	۳
	سوراخ‌کاری و کنترل در حین تولید	Op 20/Tc 20	۴
	شیارتراشی و کنترل بعد فرایند	Op 30 / Tc 30	۵
	برقوزنی سوراخ‌ها و کنترل	Op 40 / Tc 40	۶
	رزوه‌زنی سوراخ‌ها و کنترل	P 50 / Tc 50	۷
	پخ‌زنی و پلیسه‌گیری	Op 60	۸
	کنترل نهایی	Tc 60	۹
	بسته‌بندی	Op 70	۱۰
	انبار کردن	S 20	۱۱
			راهنمای نمودار

جدول ۴ مشخصات مهم محصول پوسته پمپ ترمز تولیدی

ردیف	مشخصات مهم	اهمیت	دلیل اهمیت	توضیحات
۱	ریخته‌گری پوسته	C	مقاومت در برابر فشار بالای روغن ترمز	-
۲	دو سوراخ رزوه‌دار قطر ۵ میلی‌متر	B	اتصال پوسته پمپ به چرخ عقب خودرو	-
۳	دو شیار در اول و آخر پوسته پمپ	A	وصل شدن لوازم آب‌بندی چرخ‌های ترمز	-
۴	قسمت برآمده قطر ۴۶ پوسته پمپ	A	منطبق شدن پوسته در جای اصلی بدون ایراد	-
۵	سوراخ رزوه‌دار قطر ۵/۵ میلی‌متر	C	عبور روغن ترمز با فشار بالا	-
۶	سوراخ قطر ۲۰/۵ میلی‌متر	B	راهگاه اصلی جریان روغن ترمز	-
۷	سوراخ قطر ۱ و ۲/۵ میلی‌متر	A	عبور روغن ترمز با فشار بالا	-
۸	زبانه و سوراخ رزوه‌دار قطر ۱۰ میلی‌متر	B	منطبق شدن زبانه با زبانه چرخ خودرو	-
شاخص مورد استفاده را بر حسب درجه اهمیت شناسایی‌شده برای آن، در یکی از سه دسته A، B، و C قرار دهید. (مهم‌ترین A)				

جدول ۵ تحلیل کردن حالات خرابی بالقوه در فرایند ساخت و اثرات آن در نمونه تولیدی

شماره عملیات	نام عملیات	تجهیزات تولید/کد	مشخصات کنترلی محصول	درجه اهمیت نماد	محدوده فرایند تلرانس	اندازه‌گیری روش	رفع عدم مطابقت مسئول	ثبت و کنترل روش
۱	ریخته‌گری	قالب ریخته‌گری	نمونه ریخته‌گری‌شده	B	±۰/۵	کولیس	ریخته‌گر	بازدید چشمی
۲	سوراخ‌کاری	قید و بند	سوراخ به قطر ۲۵ میلیمتر	A	±۰/۰۵	برونرو	اپراتور	بازدید چشمی
۳	تراشکاری	ماشین افزار تراش	برآمدگی استوانه‌ای به قطر ۳۶ میلی‌متر	A	±۰/۰۵	دهان اژدر	اپراتور	بازدید چشمی
۴	شیارتراشی	ماشین افزار تراش	شیار اول و آخر پوسته	A	±۰/۰۲	گیج اندازه‌گیری	اپراتور	بازدید چشمی
۵	رزوه‌زنی	حدیده	دو رزوه به قطر ۵.۵ میلی‌متر	B	±۰/۰۵	برونرو رزوه‌دار	اپراتور	بازدید چشمی
۶	رزوه‌زنی	حدیده	رزوه به قطر ۶ میلی‌متر	B	±۰/۰۵	برونرو رزوه‌دار	اپراتور	بازدید چشمی
۷	رزوه‌زنی	حدیده	رزوه به قطر ۱۰/۵ میلی‌متر	B	±۰/۰۵	برونرو رزوه‌دار	اپراتور	بازدید چشمی
۸	سوراخ‌کاری	قید و بند	سوراخ به قطر ۱ و ۲/۵ میلی‌متر	A	±۰/۰۲	برونرو	اپراتور	بازدید چشمی

جدول ۶ کارت عملیات (برگه فناوری) و شاخص مورد استفاده‌های ماشین‌کاری نمونه تولیدی

ردیف	شرح عملیات	شاخص مورد استفاده‌های ماشین‌کاری F	S	a	راهنما
۱	ریخته‌گری				
۲	سوارخ‌کاری				
۳	تراشکاری				
۴	شیارتراشی				
۵	رزوه‌زنی				
۶	رزوه‌زنی				
۷	رزوه‌زنی				
۸	سوراخ‌کاری				

۴- نتیجه‌گیری

روش برنامه‌ریزی فرایند موجب کاهش اتلاف و بهبود کیفیت محصولات در طول طراحی، ساخت و مونتاژ خواهد شد. این روش یک ارزیابی کامل از محصول و فرایند را فراهم می‌نماید. برنامه‌ریزی فرایند، مشخصه‌های فرایند را شناسایی کرده و کمک می‌کنند تا منابع تغییرات که بر تغییر مشخصه‌های محصول اثر می‌گذارند، شناسایی شوند. در این مقاله به بررسی و تحلیل حالات خرابی بالقوه، مشخصات مهم محصول و فرایند پرداخته شد. تطابق و سازگاری بالا بین نمونه تولیدی و نمونه شرکت ایران خودرو بوده است. در نهایت نمونه مرغوب‌تر با هزینه پایین و با دست داشتن برنامه‌ریزی به دست آمد. فرم‌های مذکور جهت ادامه تولید به صورت تولید انبوه می‌توانند در خط تولید استفاده شود.

مراجع

[1] Chryssolouris, G., Chan, S., and Suh, N.P. An integrated approach to process planning and scheduling. *CIRP Annals*, 34(1):413–417, 1985.

[2] Erden, Caner, Demir, Halil Ibrahim, and Kökçam, Abdullah Hulusi. Solving integrated process planning, dynamic scheduling, and due date assignment

using metaheuristic algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019:1572614, May 2019.

[3] Zhang, S. and Wong, T. N. Integrated process planning and scheduling: an enhanced ant colony optimization heuristic with parameter tuning. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(3):585–601, Mar 2018.

[4] Vinod, V. and Sridharan, R. Simulation modeling and analysis of due-date assignment methods and scheduling decision rules in a dynamic job shop production system. *International Journal of Production Economics*, 129(1):127–146, 2011.

[5] Zheng, Yufan, Liu, Jikai, and Ahmad, Rafiq. A cost-driven process planning method for hybrid additive–subtractive remanufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 55:248–263, 2020.

[6] Namatama, Nathan. An assessment of stakeholders' participation in land use planning process of luapula province planning authority. *Land Use Policy*, 97:104735, 2020.

[7] Shen, Weidong, Hu, Tianliang, Zhang, Chengrui, Ye, Yingxin, and Li, Zhengyu. A welding task data model for intelligent process planning of robotic welding. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64:101934, 2020.

[8] Luo, Mingsheng, Hu, Yongxiang, Hu, Lan, and Yao, Zhenqiang. Efficient process planning of laser peen forming for complex shaping with distributed eigenmoment. *Journal of Materials Processing Technology*, 279:116588, 2020.

[۹] سایپا، شرکت سازه‌گستر. نظام‌نامه تکوین محصول، ۱۳۸۴.