انتخاب فرآیند: از طراحی تا ساخت

ترجمه:

دکتر علی پورکمالی انارکی

دانشیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

محمد احمدی **سروش مسعودی**

سر شناسنامه	:	**سویفت، کی. جی.** **Swift, K. G**
عنوان و نام پدید آور	:	**انتخاب فرآیند: از طراحی تا ساخت/ مؤلفان ک. گ. سویفت، ج. د. بوکر؛ مترجمان علی پورکمالی انارکی، محمد احمدی، سروش مسعودی.**
مشخصات نشر	:	**تهران؛ دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۰.**
مشخصات ظاهری	:	**ض، ۴۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.**
شابک	:	**978-964-2651-86-3**
وضعیت فهرست نویسی	:	**فیپا.**
یادداشت	:	**عنوان اصلی: Process selection: from design to manufacture, 2nd ed., c2003.**
یادداشت	:	**کتابنامه.**
موضوع	:	**تولید – فرآیندها – تصمیم‌گیری**
موضوع	:	**سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری [حذفی]**
موضوع	:	**تولید – برنامه ریزی**
شناسه افزوده	:	**Booker, J.D.**
شناسه افزوده	:	**احمدی، محمد، ۱۳۶۳–، مترجم**
شناسه افزوده	:	**پورکمالی انارکی، علی، ۱۳۵۱–، مترجم**
شناسه افزوده	:	**مسعودی، سروش، ۱۳۶۵–، مترجم**
شناسه افزوده	:	**دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.**
رده بندی کنگره	:	**۱۳۹۰ ۸الف۹۲س/ TS ۱۸۳**
رده بندی دیویی	:	**۶۷۰/۴۳**
شماره کتابشناسی ملی	:	**۲۳۸۷۰۸۲**

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	:	انتخاب فرآیند: از طراحی تا ساخت
گردآوری و تألیف	:	دکتر علی پورکمالی انارکی، دانشیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، محمد احمدی و سروش مسعودی
ویراستار	:	عباس مرادی
چاپ اول	:	تابستان ۱۳۹۳
چاپ دوم	:	تابستان۱۳۹۷
انتشارات	:	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	:	فرانقش
چاپ	:	شریف
طراح جلد	:	عباس مرادی
ناظر چاپ	:	محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه‌آرا	:	نیره فیروزی
شمارگان	:	۵۰۰ جلد
قیمت	:	۳۰۰,۰۰۰ تومان
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۸۶-۳ ISBN: 978-964-2651-86-3

کلیهٔ حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان – کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ – صندوق پستی ۱۶۳ – ۱۶۷۸۵ – تلفن: (۲۶۳۲) ۹ – ۲۲۹۷۰۰۶۰، ۲۲۹۷۰۰۷۰، نمابر: ۲۲۹۷۰۰۰۳، پست الکترونیکی: publish@sru.ac.ir، وب سایت: http://publish.sru.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه ویرایش اول	ح
مقدمه ویرایش دوم	خ
مقدمه مترجمین	د
نمادها و علائم استفاده شده	ر
فصل اول: نگاه راهبردی	
۱-۱ مسائل	۱
۱-۲ اطلاعات ساخت برای طراحی	۳
۱-۳ فرآیندهای رقابتی تولید یک محصول جدید	۵
۱-۴ تکنیک‌هایی در طراحی برای ساخت و مولتاژ	۸
۱-۵ راهبرد انتخاب فرآیند	۱۶
فصل دوم: انتخاب فرآیندهای مناسب	
۲-۱ معرفی	۲۵
۲-۲ **RRIMA**ها (نقشه‌های اطلاعات فرآیند)	۲۶
۲-۳ راهبردهای انتخاب **PRIMA**	۲۷
۲-۳-۱ انتخاب فرآیند ساخت	۲۷
۲-۳-۲ انتخاب سیستم مونتاژ	۳۴
۲-۳-۳ انتخاب فرآیند اتصال	۳۷
۲-۴ دسته‌بندی **PRIMA**	۵۱
۲-۴-۱ فرآیندهای ریخته‌گری	۵۳
۲-۴-۱-۱ ریخته‌گری ماسه‌ای	۵۳
۲-۴-۱-۲ قالب‌گیری پوسته‌ای	۵۶
۲-۴-۱-۳ ریخته‌گری گرانشی(ریژه‌ای)	۶۲
۲-۴-۱-۴ ریخته‌گری تحت فشار	۶۵
۲-۴-۱-۵ ریخته‌گری گریز از مرکز	۷۰
۲-۴-۱-۶ ریخته‌گری دقیق(ظریف)	۷۴

۲-۴-۱-۷ ریخته‌گری در قالب‌های سرامیکی ۷۹
۲-۴-۱-۸ ریخته‌گری با قالب‌های گچی ۸۱
۲-۴-۱-۹ ریخته‌گری فشاری (تراکمی) ۸۵
۲-۴-۲ فرآیندهای پلاستیک و کمپوزیت ۸۷
۲-۴-۲-۱ قالب‌گیری تزریقی ۸۷
۲-۴-۲-۲ قالب‌گیری تزریق واکنشی ۹۳
۲-۴-۲-۳ قالب‌گیری فشاری ۹۵
۲-۴-۲-۴ قالب‌گیری انتقالی ۹۹
۲-۴-۲-۵ شکل‌دهی تحت خلأ ۱۰۲
۲-۴-۲-۶ قالب‌گیری بادی ۱۰۶
۲-۴-۲-۷ قالب‌گیری دورانی ۱۰۹
۲-۴-۲-۸ قالب‌گیری تماسی ۱۱۳
۲-۴-۲-۹ اکستروژن پیوسته (پلاستیک) ۱۱۷
۲-۴-۳ فرآیندهای شکل دهی ۱۲۱
۲-۴-۳-۱ آهنگری ۱۲۱
۲-۴-۳-۲ نوردکاری ۱۲۷
۲-۴-۳-۳ کشش ۱۳۲
۲-۴-۳-۴ شکل دهی سرد ۱۳۶
۲-۴-۳-۵ سرکوبی سرد ۱۴۱
۲-۴-۳-۶ آهنگری شعاعی (دورانی) ۱۴۴
۲-۴-۳-۷ شکل‌دهی سوپرپلاستیک ۱۴۷
۲-۴-۳-۸ برش‌کاری ورق‌های فلزی ۱۵۰
۲-۴-۳-۹ شکل دهی ورق‌های فلزی ۱۵۴
۲-۴-۳-۱۰ شکل‌دهی چرخشی ۱۵۹
۲-۴-۳-۱۱ متالورژی پودر ۱۶۳
۲-۴-۳-۱۲ اکستروژن پیوسته (فلزات) ۱۶۸
۲-۴-۴ فرآیندهای ماشین‌کاری ۱۷۲
۲-۴-۴-۱ تراشکاری دستی و خودکار ۱۷۲

۲-۴-۴-۲ فرزکاری ۱۷۶
۲-۴-۴-۳ صفحه تراشی و صفحه تراشی دروازه‌ای ۱۸۱
۲-۴-۴-۴ سوراخ‌کاری ۱۸۵
۲-۴-۴-۵ خانکشی ۱۸۹
۲-۴-۴-۶ برقو کاری ۱۹۳
۲-۴-۴-۷ سنگ زنی ۱۹۷
۲-۴-۴-۸ هونینگ ۲۰۱
۲-۴-۴-۹ لپینگ ۲۰۴
۲-۴-۵ فرآیندهای ماشین‌کاری مدرن ۲۰۸
۲-۴-۵-۱ ماشین‌کاری با تخلیه الکتریکی (**EDM**) ۲۰۸
۲-۴-۵-۲ ماشین‌کاری الکتروشیمیایی (**ECM**) ۲۱۲
۲-۴-۵-۳ ماشین‌کاری با پرتاب الکترون (**EBM**) ۲۱۵
۲-۴-۵-۴ ماشین‌کاری با اشعه لیزر (**LBM**) ۲۱۸
۲-۴-۵-۵ ماشین‌کاری شیمیایی (**CM**) ۲۲۱
۲-۴-۵-۶ ماشین‌کاری فراصوتی (**UCM**) ۲۲۵
۲-۴-۵-۷ ماشین‌کاری با جت ساینده (**AJM**) ۲۲۹
۲-۴-۶ سیستم‌های مونتاژ ۲۳۲
۲-۴-۶-۱ مونتاژ دستی ۲۳۲
۲-۴-۶-۲ مونتاژ انعطاف‌پذیر ۲۳۶
۲-۴-۶-۳ مونتاژ تک‌منظوره (اختصاصی) ۲۳۹
۲-۴-۷ فرآیندهای اتصال ۲۴۲
۲-۴-۷-۱ جوشکاری با گاز خنثی و الکترود تنگستن (**TIG**) ۲۴۲
۲-۴-۷-۲ جوشکاری با گاز خنثی و الکترود مصرف‌شدنی (**MIG**) ۲۴۷
۲-۴-۷-۳ جوشکاری قوس الکتریکی دستی (**MMA**) ۲۵۱
۲-۴-۷-۴ جوشکاری قوس الکتریکی زیرپودری (**SAW**) ۲۵۵
۲-۴-۷-۵ جوشکاری با پرتاب الکترون (**EBW**) ۲۵۹
۲-۴-۷-۶ جوشکاری با اشعه لیزر (**LBW**) ۲۶۲
۲-۴-۷-۷ جوشکاری با قوس پلاسما (**PAW**) ۲۶۶

۲-۴-۷-۸ جوشکاری مقاومتی ۲۷۰
۲-۴-۷-۹ جوشکاری حالت جامد ۲۷۵
۲-۴-۷-۱۰ جوشکاری ترمیت (**TW**) ۲۸۰
۲-۴-۷-۱۱ جوشکاری با گاز (**GW**) ۲۸۳
۲-۴-۷-۱۲ لحیم‌کاری سخت ۲۸۷
۲-۴-۷-۱۳ لحیم‌کاری نرم ۲۹۲
۲-۴-۷-۱۴ جوشکاری حرارتی پلاستیک‌ها ۲۹۷
۲-۴-۷-۱۵ اتصال چسبی ۳۰۰
۲-۴-۷-۱۶ اتصال مکانیکی ۳۰۶
۲-۵ ترکیب استفاده هم‌زمان از راهبرد انتخاب و **PRIMA**ها ۳۱۵
۲-۵-۱ فرآیندهای ساخت ۳۱۵
۲-۵-۲ سیستم‌های مونتاژ ۳۱۸
۲-۵-۳ فرآیندهای اتصال ۳۲۲

فصل سوم: مدل‌های برآورد هزینه

۳-۱ مقدمه ۳۲۹
۳-۲ برآورد هزینه قطعات ۳۳۰
۳-۲-۱ توسعه مدل ۳۳۱
۳-۲-۲ هزینه پایه فرآیند ($\mathbf{P_c}$) ۳۳۲
۳-۲-۳ ضریب هزینه نسبی ($\mathbf{R_c}$) ۳۳۴
۳-۲-۴ هزینه مواد ($\mathbf{M_c}$) ۳۵۵
۳-۲-۵ اعتبار سنجی مدل ۳۵۷
۳-۲-۶ موارد مطالعاتی از برآورد هزینه قطعات ۳۵۹
۳-۲-۷ توسعه مدل برآورد هزینه ۳۶۷
۳-۳ مدل برآورد هزینه مونتاژ دستی ۳۷۲
۳-۳-۱ مدل برآورد هزینه مونتاژ ۳۷۳
۳-۳-۲ نمودار ساختار مونتاژ ۳۷۹
۳-۳-۳ موارد مطالعاتی برآورد هزینه مونتاژ دستی ۳۸۰
۳-۴ سخن آخر ۳۸۴

پیوست	
پیوست	۳۹۳
نمونه سؤالاتی برای دانشجویان	
نمونه سؤالات	۴۰۰
منابع	
منابع	۴۰۵

مقدمه ویرایش اول

جهت سهولت دست‌یابی به اهداف مالی و کیفی در ساخت قطعات، لازم است فعالیت‌هایی هم‌زمان و مرتبط به یکدیگر در زمینه انتخاب فرآیندهای مناسب و بهینه‌سازی طراحی قطعات صورت پذیرد تا مناسب‌ترین روش ساخت انتخاب گردد. این امر فرایندی مشکل می‌باشد و تنها تعداد کمی از متخصصان، به ویژه به هنگام تولید یک محصول جدید، قادر به انجام آن هستند.

در صورت محقق‌نشدن این شرایط، اغلب با مشکلاتی مانند تغییرات مهندسی زیاد همراه با مسائل مرتبط با آنها نظیر هزینه بالا و طولانی‌شدن زمان انجام کار و یا تولید قطعاتی با کیفیت پایین و یا پرهزینه مواجه خواهیم شد.

انتخاب فرآیند مناسب نیازمند دانش ویژه یک متخصص در دامنه وسیعی از تکنولوژی‌های ساخت می‌باشد تا تصمیمات مناسبی در زمان طراحی قطعات اتخاذ گردد. مشکلاتی که اغلب شرکت‌ها در این زمینه با آن روبرو هستند، به علت فقدان دانش لازم در این زمینه و فقدان روش‌های انتخاب فرآیند می‌باشد.

انگیزه اصلی تألیف این کتاب ارائه اطلاعات اقتصادی و فنی در دامنه وسیعی از فرآیندهای مهم ساخت می‌باشد. مجموعه‌های اطلاعات فرآیند ساخت (PRIMAs)، اطلاعات کاملی را در زمینه ویژگی‌ها و قابلیت‌های هر فرآیند در یک ساختار استاندارد تحت عناوینی شامل سازگاری مواد (با فرآیند)، ملاحظات طراحی، نتایج کیفی، جنبه‌های اقتصادی و اصول و متغیرهای فرآیند ارائه داده‌اند. ویژگی منحصربه‌فرد این کتاب ارائه جداول توانایی دست‌یابی به تلرانس‌های ابعادی هر فرآیند برای انواع مواد کلیدی مورد استفاده در آن فرآیند می‌باشد.

دیگر ویژگی این کتاب ارائه روشی برای تخمین هزینه قطعات بر پایه مشخصات طراحی قطعات و همچنین نوع فرآیندهای ساخت می‌باشد. هزینه ساخت یک طرح براساس هزینه پایه فرآیند و مجموعه‌ای از ضرایب نسبی هزینه برای مدنظر قراردادن هندسه، تلرانس، طرح و...، محاسبه می‌گردد. هزینه قطعات براساس مجموعه هزینه ساخت و هزینه مواد محاسبه می‌گردد. این روش اصولاً به‌گونه‌ای طراحی شده است که با اطلاعات داخلی شرکت‌های مختلف قابل استفاده باشد. با این وجود اطلاعات تقریبی‌ای در مثال‌هایی از فرآیندهای ساخت و گروه‌های مواد نیز ارائه شده است تا فرآیند برآورد هزینه و مقدار تأثیر نوع طراحی و فرآیندهای جایگزین ساخت بر روی هزینه کل تولید نشان داده شود.

کتاب شامل سه فصل اصلی است. در فصل اول پیش‌زمینه مسائل و همچنین انتخاب فرآیند و ارزیابی هزینه در مفهوم فرآیندهای تولید یک محصول جدید تشریح شده است. در این فصل همچنین به کاربرد روش‌هایی در طراحی برای ساخت نیز اشاره شده است. فصل دوم به

مجموعه اطلاعات فرآیندهای ساخت (PRIMAs) و نحوه انتخاب آنها اختصاص یافته است.
فصل سوم روی روش‌ها و اطلاعاتی در زمینه مدل‌های برآورد هزینه متمرکز شده است.
این کتاب اصولاً برای اقتصاد مهندسی جهت کمک در مسأله انتخاب فرآیند و برآورد هزینه ساخت قطعات در مفهوم مهندسی هم‌زمان تهیه شده است. همچنین این کتاب به عنوان یک مقدمه برای شناخت قابلیت‌ها و ویژگی‌های فرآیندهای ساخت و انتخاب آنها برای تمامی دانشجویان فنی، طراحی و مدیریت سودمند می‌باشد.

مؤلفان از آقای Liz Davidson از شرکت CMB برای تلاش‌هایشان در جمع‌آوری اطلاعات فرآیندها و آقای Robert Braund از شرکت T&N برای همکاریشان در جمع‌آوری اطلاعات و به ویژه برای پژوهش در تأثیر ضخامت و اندازه مقاطع قطعات بر روی انتخاب فرآیند و برآورد هزینه تشکر می‌نمایند. همچنین مؤلفان از Adrian Allen برای همکاری پرارزش او در تحقیقات مرتبط با روش‌هایی برای انتخاب فرآیندهای ساخت و برآورد هزینه بسیار سپاسگزارند.
همچنین از Pill Backer، Graham Hird، Duncan Law و Brian Miles از شرکت CSC Manufacturing (شرکت Lucas Engineering & Systems سابق) برای دلگرمی‌ها و کمک-های مشتاقانه آنها و از Bob Swain از دانشگاه Hull برای کمک در آماده‌سازی دست‌نوشته‌ها تشکر می‌شود.
از انجمن تحقیقات علوم فیزیکی و مهندسی انگلستان (EPSRC) برای کمک‌هایی در تحقیقات مرتبط با قابلیت‌های فرآیند و مدل‌های برآورد هزینه بسیار قدردانی می‌گردد.
K.G.Swift and J.D.Booker

مقدمه ویرایش دوم

تجربیات اخیر به‌دست آمده از تحقیقات انجام‌شده در صنایع مختلف در زمینه‌های طراحی برای مونتاژ (DFA) و طراحی برای ساخت (DFM)، این عقیده مؤلفان را تقویت نموده است که در نظر قراردادن مسائل و مشکلات ساخت در مرحله طراحی، ابزار اصلی برای بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه‌های ساخت و افزایش بهره‌وری می‌باشد. در ویرایش دوم اطلاعات بیشتری در کمک به انتخاب فرآیندهای اتصال قطعات و همچنین اطلاعاتی در مورد انتخاب و برآورد هزینه فرآیند مونتاژ آورده شده است. همه این اطلاعات می‌تواند در پشتیبانی پروژه‌های DFM/DFA و فعالیت‌های وابسته به آن به کار رود.
در نظر قراردادن مسائل و مشکلات مرتبط با مونتاژ در مرحله طراحی می‌تواند بسیار سودمند و هوشیارانه باشد، چرا که مسائل مونتاژ اغلب در مهندسی محصول مورد غفلت قرار می‌گیرند که

باعث بروز مشکلات بی‌شماری در تولید می‌گردد. به واسطه مدنظر قراردادن مسائل مونتاژ در زمان طراحی، بسیاری از جنبه‌ها و ویژگی‌های مهم محصول می‌توانند قبل از بروز مشکل مشخص گردند. برای مثال، تأثیرات DFA بر موفقیت پروژه بیشتر از خود مونتاژ می‌باشد. علاوه بر کاهش هزینه‌های جابه‌جایی و مونتاژ قطعات، DFA موجب بهینه‌سازی شمار قطعات، استانداردسازی و کاهش تنوع در قطعات می‌گردد.

مؤلفان همچنین از متخصصان شرکت CSC و Richard Batchelor از شرکت TRW به علت پشتیبانی‌های مجدد آنها قدردانی می‌کنند. از Bob swain نیز برای کمک در آماده‌سازی شکل-ها و همچنین از Nathan Brown به علت پژوهش در انتخاب فرآیندهای اتصال، که هر دو از دانشگاه Hull می‌باشند، تشکر به عمل می‌آید. همچنین از انجمن تحقیقات علوم فیزیکی و مهندسی انگلستان برای کمک‌های مجدد آنها تشکر می‌شود.

K.G.Swift and J.D.Booker

اکتبر ۲۰۰۲

مقدمه مترجمین

یکی از عوامل بسیار مهم در موفقیت اقتصادی پروژه‌های تولید، انتخاب مناسب‌ترین و بهینه‌ترین روش ساخت جهت تولید قطعات گوناگون می‌باشد. از این‌رو مهندسان و متخصصان حوزه تولید می‌بایست در دامنه وسیعی از فرایندهای ساخت و تولید از اطلاعات و شناخت کافی بهرمند باشند تا قادر گردند بر اساس مشخصات و ویژگی‌های قطعات تولیدی، مناسب‌ترین روش ساخت را انتخاب نمایند. انتخاب بهینه‌ترین روش ساخت علاوه بر نیاز به شناخت دقیق فرایندهای گوناگون، به یک رویکرد روشمند جهت مسئله انتخاب فرایند و برآورد هزینه تولید قطعات، نیاز دارد.

فقدان منابع و متون مناسب در این زمینه و همچنین اهمیت آن در عملکرد و بازده اقتصادی کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولید قطعات در کشور، انگیزه مترجمان برای ترجمه این کتاب گردید. کتاب حاضر با معرفی پیش‌زمینه‌ها و مسائل مطرح در این زمینه و همچنین ارائه اطلاعات لازم، یک روش هدفمند جهت مسئله انتخاب فرآیند و برآورد هزینه قطعات ارائه نموده است. روش ارائه شده به‌گونه‌ای طراحی شده است که شرکت‌های تولیدی مختلف می‌توانند بر اساس اطلاعات موجود در سازمان خود، از این روش جهت انتخاب فرایند و برآورد هزینه تولید قطعات خود استفاده نمایند.

یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد این کتاب تشریح اصول، عملکرد، قابلیت‌ها، جنبه‌های فنی و اقتصادی ۶۹ فرایند اصلی ساخت و مونتاژ می‌باشد که دید مقایسه‌ای بسیار مناسبی در فرایندهای ساخت را فراهم می‌آورد. این کتاب یک منبع مناسب برای مهندسان و دانشجویان مهندسی ساخت و تولید و صنایع جهت کمک در مسائل انتخاب فرایند ساخت و آشنایی با روش‌های برآورد هزینه تولید قطعات می‌باشد. همچنین فصل دوم کتاب برای دانشجویان سال-های نخست رشته‌های گروه مهندسی ساخت و تولید یک منبع بسیار مناسب برای آشنایی با فرایندهای ساخت و همچنین قابلیت‌های آنها است.

در ترجمه کتاب سعی بر آن بوده است تا حد امکان از واژه‌های فارسی مناسب استفاده گردد. با این وجود به علت عدم وجود معادل فارسی در برخی از واژه‌ها از واژه‌سازی استفاده گردیده است. در این‌گونه موارد کلمه لاتین در پاورقی آورده شده است.

بدیهی است نخستین کسی که می‌بایست با کمال خضوع و احترام از او تشکر شود پروردگار یکتا می‌باشد که توانایی ترجمه این کتاب را به مترجمان اعطا نمود. همچنین مترجمان از آقای بهنام نیک‌نژاد و خانم زهرا گیلری جهت بازنگری و ویرایش متون ترجمه شده و همچنین از کلیه کسانی که به نحوی در تدوین مطالب کتاب همکاری و مساعدت نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند. از خانم دلربا جعفری جهت طراحی جلد، صفحه‌آرایی و تایپ کتاب تشکر به عمل می‌آید. از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی که امکان نشر این کتاب را فراهم نمودند نیز تشکر می‌گردد. همچنین مترجمان بر خود لازم می‌دانند از خانواده‌های خود جهت زحمات و پشتیبانی‌های بی‌شائبه و بی‌دریغ آنها تشکر و قدردانی ویژه نمایند. در پایان از خوانندگان و صاحب‌نظران محترم درخواست می‌گردد نظرات، اشکالات و پیشنهادات ارزشمند خود را از طریق ایمیل در نظر گرفته‌شده بدین منظور جهت بهبود این اثر با مترجمان در میان گذارند.

علی پورکمالی انارکی
سروش مسعودی
محمد احمدی
دی‌ماه ۱۳۹۱
Email: ali_pourkamali@sru.ac.ir

نمادها و علائم استفاده‌شده

فهرست علائـــم

A: کل هزینه متوسط نصب و و اجرای فرآیند مشخص، شامل کارخانه، نیروی انسانی، سرپرستی و بالاسری برحسب زمان

B: هزینه متوسط سالیانه ابزار آلات یک فرآیند برای یک قطعه معیار، به همراه تعمیر و نگهداری

A_h : شاخص جابه‌جایی پایه برای یک طرح معیار، با استفاده از داده‌های فرآیند جابه‌جایی

A_f : شاخص اتصالات پایه برای یک طرح معیار، با استفاده از داده‌های فرآیند مونتاژ

C_c : هزینه نسبی به همراه هزینه تولید قطعات با پیچیدگی‌های مختلف هندسی

C_f : هزینه نسبی با در نظر گرفتن کیفیت سطح مشخص‌شده

C_{ft} : مقدار یا C_t هر C_f کدام که بزرگ‌تر است

C_l : ضریب نیروی انسانی

C_{ma} : هزینه کلی مونتاژ دستی

C_{mp} : هزینه نسبی به همراه تناسب مواد با فرآیند

C_{mt} : هزینه مواد در واحد حجم با توجه به شکل مورد نظر

C_s : هزینه نسبی با توجه به دست‌یابی به نسبت کاهش ضخامت مقطع

C_t : هزینه نسبی با توجه به تلرانس مشخص‌شده

F: ضریب اتصال اجزا

H: ضریب جابه‌جایی اجزا

M_c : هزینه مواد

M_i : هزینه ساخت (پنس)

n: تعداد مراحل مورد نیاز برای دست‌یابی به قطعه تمام‌شده

N: تیراژ تولید سالیانه

P_a : جریمه برای فرآیند در مونتاژ اضافی روی قطعات در ایستگاه

P_c : هزینه پایه در فرآیند برای طراحی ایده‌آل قطعات با توجه به فرآیند مشخص

P_f : جریمه جاگذاری برای طراحی قطعه

P_g : جریمه خاصیت جابه‌جایی عمومی

P_o : جریمه موقعیت‌دهی برای طراحی اجزا

R_a : میانگین زبری (کیفیت سطح)

R_c :	ضریب هزینه نسبی در ارتباط با طراحی اجزا
T:	هزینه فرآیند به ثانیه برای انجام کارهای طراحی ایده‌آل اجزا با توجه به فرآیند مشخص
V:	حجم مواد موردنیاز برای تولید اجزا
V_f :	حجم تمام‌شده اجزا
W_c :	ضریب ضایعات
$\propto$:	هزینه تنظیم و راه‌اندازی فرآیند مشخص، شامل برنامه‌ریزی، نیروی انسانی، سرپرست و بالاسری به ثانیه
β:	هزینه کلی ابزارآلات مشخص برای طراحی ایده‌آل

واحــدها

m:	متر
µm :	میکرون متر
mm:	میلی‌متر
t:	تن
kg:	کیلوگرم
g:	گرم
h:	ساعت
min:	دقیقه
s:	ثانیه
rpm:	دور بر دقیقه

مخفف– عمومی

CA:	تحلیل قابلیت انطباق
CAD:	طراحی به کمک کامپیوتر
DFA:	طراحی برای مونتاژ
DFM:	طراحی برای ساخت
DOE:	طراحی آزمایش‌ها
FMEA:	تجزیه و تحلیل خطا و آثار آن
PDS:	مشخصات طراحی محصول
PIM:	مدیریت معرفی محصول
PRIMA:	نقشه اطلاعاتی فرآیند
QFD:	گسترش عملکرد کیفیت

مخفف– فرآیندهای ساخت

AJM: ماشین‌کاری با جت ساینده
ATB: لحیم‌کاری سخت با شعله خودکار
ATS: لحیم‌کاری نرم با شعله خودکار
CM: ماشین‌کاری شیمیایی
CNC: کنترل عددی کامپیوتر
CW: جوشکاری سرد
DB: لحیم‌کاری غوطه‌وری
DS: لحیم‌کاری نرم غوطه‌وری
DFW: جوشکاری نفوذی
DFB: لحیم‌کاری سخت نفوذی
EBM: ماشین‌کاری با پرتاب الکترون
EBW: جوشکاری با پرتاب الکترون
ECG: سنگ‌زنی الکتروشیمیایی
ECM: ماشین‌کاری الکتروشیمیایی
EDG: سنگ‌زنی با تخلیه الکتریکی
EDM: ماشین‌کاری با تخلیه الکتریکی
EGW: جوشکاری قوس الکتریکی و گاز
ESW: جوشکاری قوس الکتریکی
EXW: جوشکاری انفجاری
FB: لحیم‌کاری سخت در کوره
FS: لحیم‌کاری نرم در کوره
FCAW: جوشکاری قوسی با الکترود و مغزی گدازآور
FRW: جوشکاری اصطکاکی
FW: جوشکاری نقطه‌ای
GW: جوشکاری با گاز
IB: لحیم‌کاری تحت نفوذی
INS: لحیم‌کاری نرم
IRB: لحیم‌کاری سخت با اشعه مادون قرمز
IRS: لحیم‌کاری نرم با شعله مادون قرمز
IS: لحیم‌کاری نرم نفوذی

LBM: ماشین‌کاری با اشعه لیزر
LBW: جوشکاری با اشعه لیزر
MIG: جوشکاری با گاز خنثی و فلز مصرف‌شدنی
MMA: جوشکاری قوس الکتریکی دستی
NDT: آزمون غیرمخرب
NTM: ماشین‌کاری غیر سنتی
PAW: جوشکاری با قوس پلاسما
RB: لحیم‌کاری سخت مقاومتی
RPW: جوشکاری دکمه‌ای مقاومتی
RS: لحیم‌کاری نرم مقاومتی
RSW: جوشکاری آب‌بندی مقاومتی
RSW: جوشکاری مقاومتی
SAW: جوشکاری قوس الکتریکی به روش غوطه‌وری
SW: جوشکاری استاد
TB: لحیم‌کاری سخت با تورچ دستی
TW: جوشکاری ترمیت
TIG: جوشکاری با گاز خنثی و الکترود تنگستنی
TS: لحیم‌کاری نرم با تورچ دستی
USM: ماشین‌کاری اولتراسونیک
USW: جوشکاری اولتراسونیک
USEW: جوشکاری اولتراسونیک آب‌بندی
WS: لحیم‌کاری نرم موجی

راهنمای فرآیند ساخت (برای فصل سوم)

AM: ماشین‌کاری خودکار
CCEM: اکستروژن سرد پیوسته فلزات
CDF: آهنگری قالب بسته
CEP: اکستروژن پیوسته پلاستیک
CF: شکل‌دهی سرد
CH: سرکوبی سرد
CM2.5: فرزکاری شیمیایی (عمق ۲/۵میلی‌متر)
CM5: فرزکاری شیمیایی (عمق ۵ میلی‌متر)

CMC: ریخته‌گری قالب سرامیکی
CNC: ماشین‌کاری کنترل عددی
CPM: قالب‌گیری فشاری
GDC: ریخته‌گری قالب‌های ریژه‌ای
HCEM: اکستروژن پیوسته گرم فلزات
IC: ریخته‌گری ظریف
IM: قالب تزریق
MM: ماشین‌کاری دستی
OEM: ساخت تجهیزات اصلی
PDC: ریخته‌گری تحت فشار
PM: متالورژی پودر
SM: ریخته‌گری پوسته‌ای
SC: ریخته‌گری در ماسه
SMW: فلزکاری
VF: شکل‌دهی تحت خلاء

راهنمای جنس (برای فرآیندهای پلاستیک)

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene	آکریل ونیتریل بوتادین استایرن
CA	Cellulose Acetate	استات سلولز
CP	Cellulose Propionate	سلولز پروپینات
PF	Phenolic	فنولیک
PA	Polyamide	پلی آمید
PBTP	Polybutylene Terephthalate	ترفتالات پولی بیواتیلن
PC	Polycarbonate	پلی‌کربنات
PCTFE	Polychlorotrifluoroethylene	پلی‌کلروتری فلورو اتیلین
PE	Polyethylene	پلی‌اتیلن
PESU	Polyethersulfone	پلی‌اتسلفون
PETP	Polyethyleneterephthalate	پلی‌اتیلن ترفتالات
PMMA	Polymethylmethacrylate	پلی‌متیل متا اکریلات

POM	Polyoxymethylene	پلی‌اکسی متیلن
PPS	Polyphenylene Sulphide	پلی‌فنیلین سولفید
PP	Polypropylene	پلی‌پرو پنیلن
PS	Polystyrene	پلی‌استایرن
PSU	Polysulfone	پلی‌سولفان
PVC- u	Polyvinylchloride – Unplasticized	پلی‌وینیل کلراید(پی‌وی‌سی)نرم‌شده
SAN	Styrene Acrylonitrile	آکریلو نیتریل استایرن
UP	Polyester	پلی‌استر
SMC	Sheet Molding Compounds	ترکیبات ورق قالب‌گیری شده
BMC	Bulk Molding Compounds	ترکیبات حجمی قالب‌گیری شده

فــصل اول
نــگاه راهبــردی

برخی از سوابق و جایگاه انتخاب فرآیند و ارزیابی هزینه، در مفهوم تولید یک محصول جدید و کاربرد روش‌هایی در طراحی برای ساخت و مونتاژ

۱–۱ مسائل

امروزه شرکت‌های سازنده، رقابت و کارکرد تنگاتنگی با توجه به نیاز بازارهای در حال تغییر دارند. نیازهای مشتری برای کیفیت بالای محصول در ازای قیمت پایین‌تر و طول عمر کوتاه‌تر محصول، فشار مضاعفی را بر فرآیند تولید یک محصول جدید گذاشته است. در این فرآیند هزینه و کیفیت محصول در مراحل اولیه طراحی در نظر گرفته می‌شود. طراح مسئولیت سنگینی در ایجاد تطابق محصول با نیازهای مشتری و خصوصیات آن، تضمین کیفیت در تمام جنبه‌های محصول و ساخت و مونتاژ آن در مقیاس زمانی کوتاه‌تر بر عهده دارد. تولیدکننده‌ای که ارزیابی عملکرد محصول را در انتهای خط تولید انجام می‌دهد، توانایی رقابت در بازار را ندارد. اهمیت درک و نتایج کمّی تصمیم‌گیری در طراحی روی کیفیت و ساخت محصول، هیچ‌گاه نادیده گرفته نمی‌شود.

شواهد گسترده‌ای نشان می‌دهد، در طراحی محصولات، قطعات زیاد و پیچیدگی‌های بالایی در ساخت و مونتاژ وجود دارد. بیش از ٪۳۰ فعالیت‌های توسعه محصول در دوباره‌کاری از بین می‌رود [۱-۱]. این امر که ٪۲۵ از کل هزینه فروش در عملیات ساخت صرف هزینه کیفیت می‌گردد غیرعادی نیست [۱-۲]. حتی شرکت‌های پیشرو در کیفیت ثبت شده در مجلات معتبر از جمله فورچن ۵۰۰[۱] ثبت شده‌اند با این خطر مواجه هستند که کیفیت خود را از دست بدهند [۱-۳].

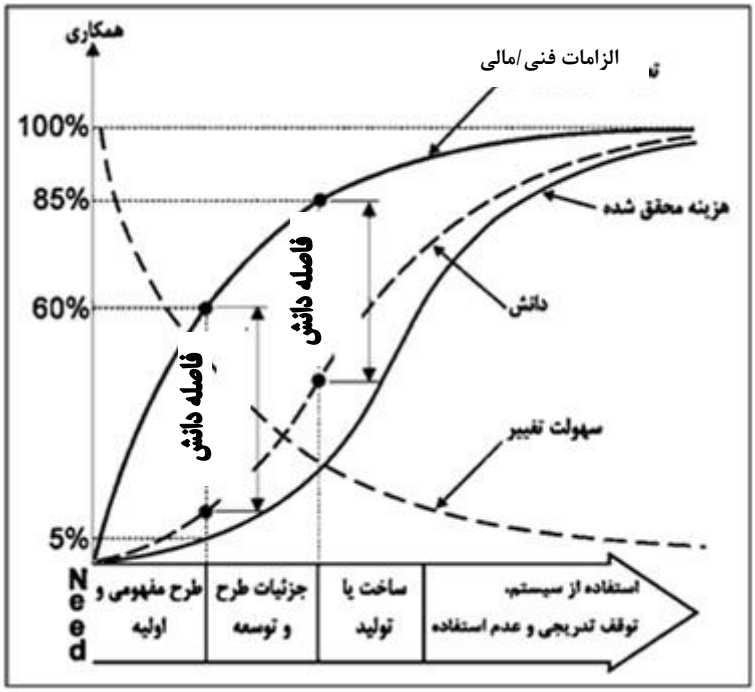
چرا این صنعت همیشه با چنین مشکلاتی روبرو است؟ هزینه‌های ثابت (پیش‌بینی شده) در طی مراحل برنامه‌ریزی و طراحی محصول بین ۸۵–۶۰ درصد است، در حالی‌که هزینه‌های

---

[۱] Fourtune 500

محقق‌شده در این مرحله فقط ۵ تا ۷ درصد می‌باشد. به واسطه طراحی دقیق در مراحل اولیه، می‌توان از بروز مشکلاتی، که اصلاح آنها در مراحل بعدی سخت و دشوار است، جلوگیری نمود. با این وجود، همان‌گونه که در شکل (۱-۱) نمایش داده شده است، می‌بایست فاصله دانش[1] بین طراحی و ساخت را کاهش داد.

برخی از طراحان تجربیات کاربردی در زمینه تولید دارند و به محدودیت‌ها و امکاناتی که باید با آن کار کنند، واقف هستند. متأسفانه تعداد زیادی از طراحان این ویژگی را ندارند. تأثیرات تعیین تلرانس، مشخص‌کردن هندسه و جنس در طراحی، اثرات گسترده‌ای در عملیات ساخت یا طول عمر محصول دارند و موارد وابسته به آن کاملاً درک شده است. درک تأثیر تغییرات و مقدار هزینه‌های وابسته به آن در ارزیابی ریسک و مدیریت آن مهم می‌باشد.



شکل ۱-۱: تعهد و ضرر در هزینه در طی توسعه محصول (یا اصول فاصله دانش) [۱-۴]

[1] Knowledge Gape

۱-۲ اطلاعات ساخت برای طراحی

در طی سال‌های گذشته نیاز به فراهم‌نمودن قواعد طراحی همراه با اطلاعاتی در زمینه هزینه‌ها و توانمندی‌های فرایندهای ساخت مشخص‌شده و تحقیقاتی در این زمینه انجام گرفته است. با وجود این، آثار نسبتاً کمی در این زمینه منتشر شده است. متون مربوط به طراحی به ندرت شامل اطلاعات مناسبی است، درحالی که کتاب‌های معدود منتشرشده در زمینه فرآیندهای ساخت در برخی شرایط در انتخاب فرآیند و هزینه‌ها تا حدودی کمک می‌کنند [۱-۵ تا۱-۱۰]، این اطلاعات به ندرت به اندازه کافی تشریح شده و به صورت منظم درآمده‌اند و بیشتر به مسائل غیرمرتبط به این زمینه اشاره کرده‌اند. مشخص‌کردن و تشریح فرآیند در فرمت و عنوان‌های مختلف منجر به مشکل‌تر شدن کار مهندسان می‌گردند؛ حجم قابل توجهی از اطلاعات در دسترس است؛ اما در دانشی کارآمد برای چگونگی استفاده از مسائل مربوط به انتخاب فرآیندهای ساخت کمبود وجود دارد. اطلاعات در دسترس باعث تناقضاتی می‌گردد؛ به طور مثال، برخی از فرآیندها با جزئیات زیادی تشریح شده‌اند، در حالی که بقیه بعضاً مورد غفلت واقع گردیده‌اند، که این ممکن است موجب درک نامتناسبی از فرآیند و دیگر توانمندی-های آن شود.

اطلاعات را در متن‌های ساخت می‌توان به شکل مقایسه‌ای براساس معیار مشخصی از فرآیند پیدا نمود. این امر زمانی سودمند است که اطلاعات طراحی در جزئیات و امکانات، بیشتر متمرکزشده باشد. در چنین فرم‌هایی اگر طراح در زمینه فرآیندهای مربوطه تخصص داشته باشد، ممکن است مناسب باشد؛ در غیراینصورت اختلافات در جزئیات منجر به درک نادرستی می‌شود و باعث به وجودآمدن پایه ضعیفی در تصمیم‌گیری می‌گردد. اطلاعات و کاتالوگ‌های ساخت می‌توانند مفید باشند، اگر چه آنها برای فروش مهیا شده‌اند. با این وجود اطلاعات را به شکل‌های مختلف و در سطوحی گوناگون از جزئیات ارائه می‌دهند. تولیدکنندگان به ندرت اطلاعات زیادی در خصوص طراحی یا در زمینه توانمندی‌های فرآیند ارائه می‌دهند. به‌علاوه اغلب تفاوت‌هایی بین زبان متخصصان فرآیند و مصرف‌کننده‌ها وجود دارد.

در سال‌های اخیر، تعدادی از گروه‌های تحقیقاتی به طور ویژه روی رابطه طراحی/ساخت متمرکز شده‌اند. فرآیندها و سیستم‌هایی برای ارزیابی هزینه در حوزه‌هایی از قبیل ماشین‌کاری، متالورژی پودر، دایکاست (ریخته‌گری تحت فشار) و قالب‌های تزریق پلاستیک، در سطح وسیعی از تکنیک‌ها با هدف فراهم‌کردن طراحی برای ساخت[۱](DFM) و اطلاعات مالی مرتبط

---

[۱] Design For Manufacture (DFM)