



بسم الله الرحمن الرحيم

آشنایی با فرآیندهای ساخت

فصل اول: مقدمه

مدرس:

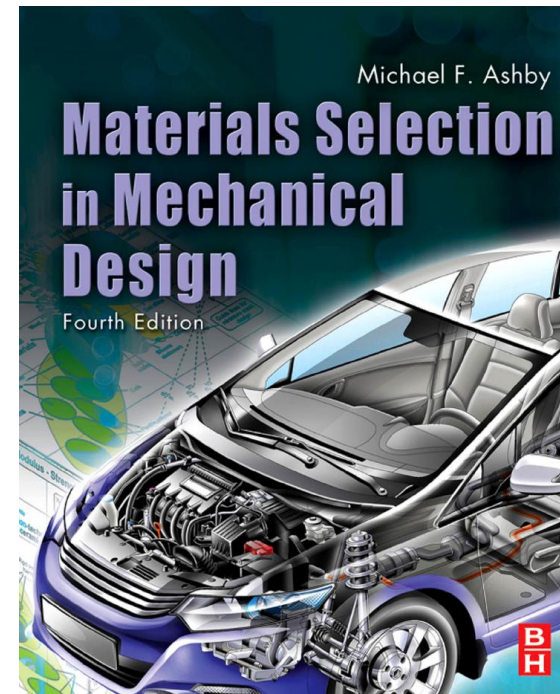
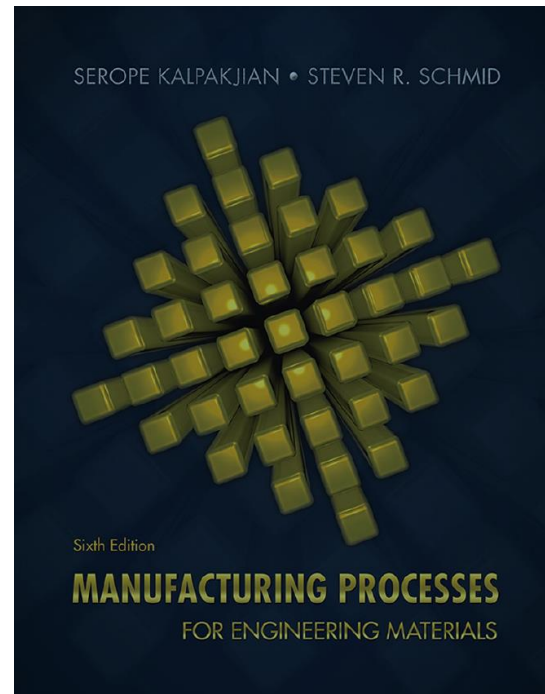
دکتر رضا قنوازی

r_ghanavati@sbu.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی

پاییز ۱۴۰۳

- 1) Kalpakjian, Serope, and Schmid, Steven R.. Manufacturing Processes for Engineering Materials. Singapore, Pearson Education, 2017.
- 2) Ashby, Michael F.. Materials Selection in Mechanical Design. Germany, Elsevier Science, 2017.
- 3) ASM metals handbooks series.



□ برنامه درسی

- فصل اول: مقدمه
- فصل دوم: آشنایی با کلیت فرآیندها
- فصل سوم: مهندسی سطح
- فصل چهارم: ریخته‌گری
- فصل پنجم: اتصال مواد
- فصل ششم: ساخت افزایشی
- فصل هفتم: اصول انتخاب فرآیند ساخت
- فصل هشتم: اندازه‌گیری و بازرسی

❑ شیوه ارزیابی

✓ امتحان میان ترم: ۵ نمره (تاریخ: ۰۹/۰۳)

✓ کوییز: ۱ نمره

✓ ارائه کلاسی: ۲ نمره

✓ پایان ترم: ۱۲ نمره

✓ حضور فعال در کلاس: ۱+ نمره

(۱) تعیین اعضای گروه (۴ نفر)، موضوع و زمان ارائه

(۲) خلاصه کردن محتوای ارائه در ۲ صفحه و به اشتراک گذاشتن آن با دانشجویان کلاس

(۳) ارائه کلاسی در قالب PowerPoint در مدت ۱۵ دقیقه

(۴) ارسال فایل‌های خلاصه و ارائه (حداکثر تا روز ارائه کلاسی)

- (1) ساخت چیست؟
- (2) فرایند طراحی و مهندسی همزمان
- (3) تولید یکپارچه کامپیوتری (اتوماسیون صنعتی)
- (4) تضمینی کیفیت و مدیریت کیفی جامع
- (5) رقابت جهانی و هزینه های ساخت
- (6) تولید ناب و ساخت منعطف
- (7) طراحی و ساخت سازگار با محیط زیست
- (8) مسئولیت در قبال محصول
- (9) مدیریت ساخت

(۱) ساخت چیست؟

لحظاتی اشیاء دور و بر خود را ببینید: ساعت شما ، صندلی ، منگنه ، مداد ، ماشین حساب ، تلفن ، توستر.

تمام این اشیاء از مواد خام مختلف، پس از مونتاژ شدن به شکلی در آمده اند که شما می بینید.

برخی اشیاء مانند میخ، پیچ و گیره کاغذ از یک جزء تشکیل شده اند. با این حال اغلب اشیاء مانند موتورهای

هواپیما (شکل ۱-۱)، از چندین قطعه از مواد مختلف ساخته شده اند. یک **اتومبیل**، به عنوان مثال از **۱۵۰۰۰ قطعه**

تشکیل شده است و یک **بویینگ ۷۴۷** از **۶ میلیون قطعه** تشکیل شده است.

ساخت فرآیند تبدیل مواد خام به محصولات است که باید از یک رویه با برنامه ریزی صحیح، تبعیت کند.

Fan & Compressor

6-4 Titanium
6-2-4-2 Titanium
6-2-4-6 Titanium
8-1-1 Titanium
17 Titanium

Fasteners, Externals

6-4 Titanium
55Nb Titanium
3-2.5 Titanium
6-2-4-2 Titanium
425 Titanium
17 Titanium

Alloys melted by SMC:

Compressor

INCOLOY 907/909
INCONEL 718

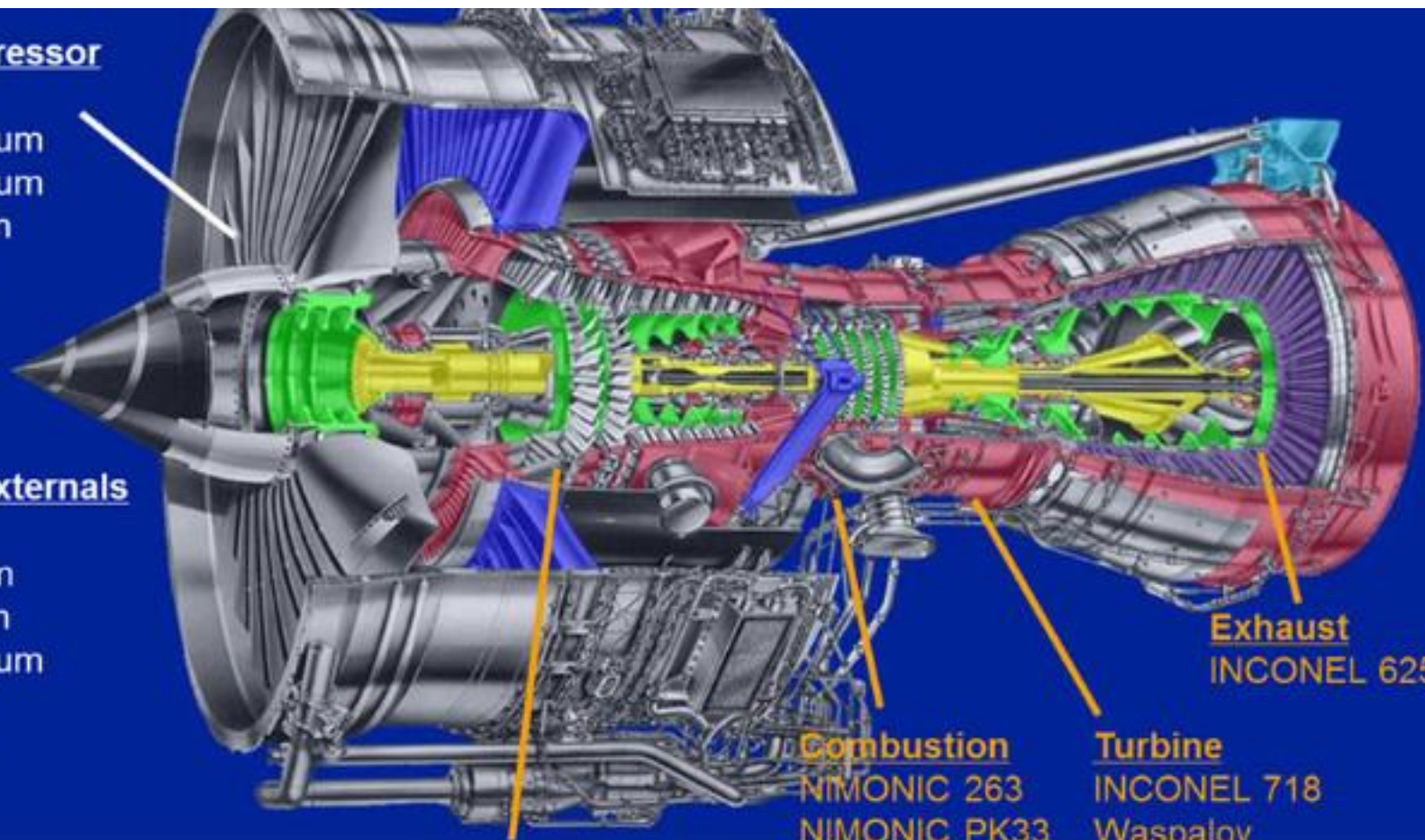
Combustion

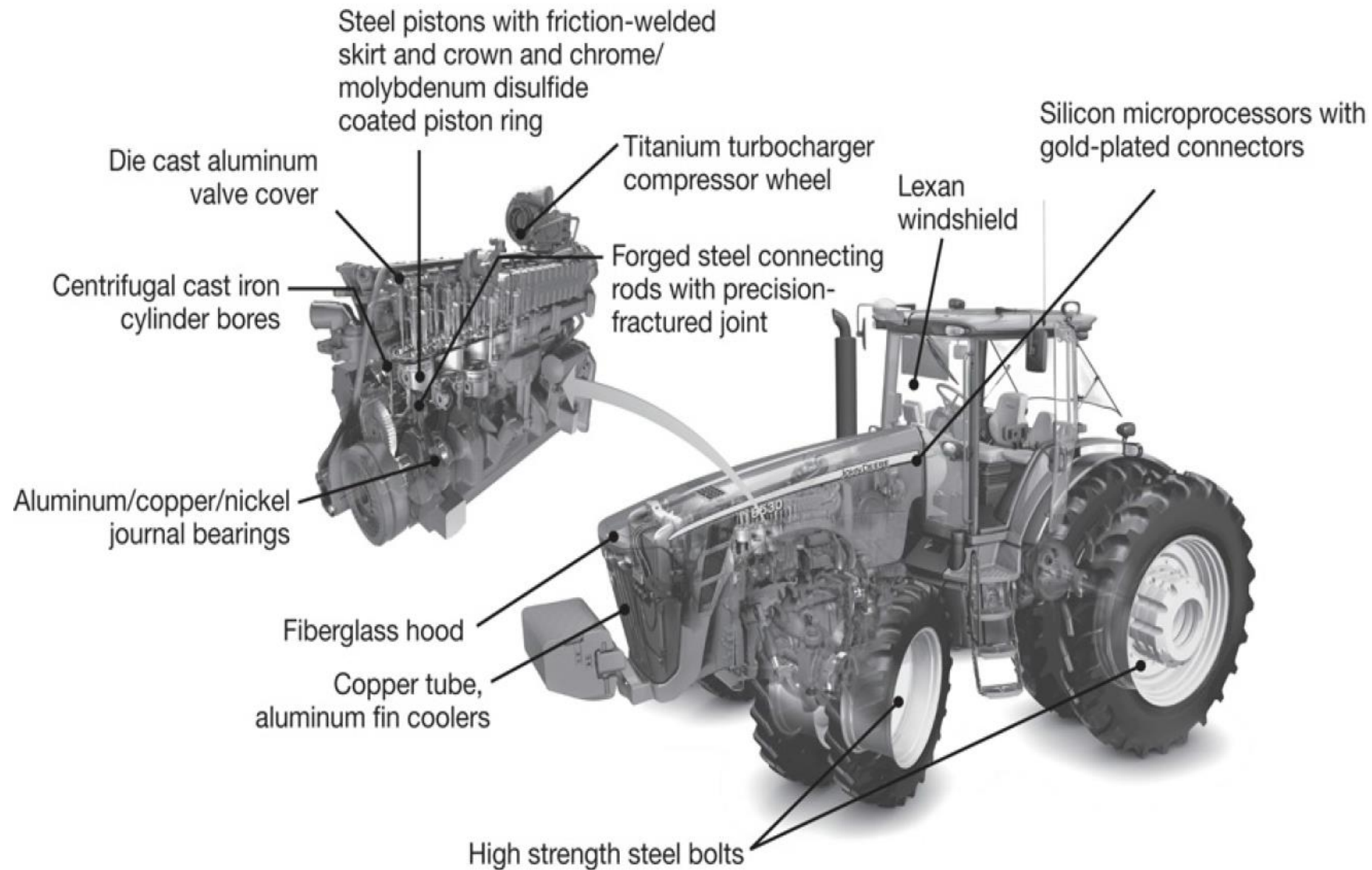
NIMONIC 263
NIMONIC PK33
INCONEL HX
Alloy 230
INCONEL 718

Turbine

INCONEL 718
Waspaloy
NIMONIC PE16
INCONEL 625
NIMONIC 75

Exhaust
INCONEL 625





ارزش افزوده

ارزش ناشی از تبدیل ماده خام به محصول مفید است، به عنوان یک بخش در محاسبه قیمت کالا به حساب

می آید.

محصولات گسسته و پیوسته

ساخت می تواند محصولات گسسته تولید کند که به معنای قطعات مجزا است یا محصولات پیوسته.

میخ، چرخ دنده، گلوله های فولادی، قوطی نوشابه و بلوک موتور نمونه هایی از محصولات گسسته هستند.

سیم، ورق های فلزی یا پلاستیکی، شیلنگ، لوله محصولات پیوسته هستند که البته می توان آنها را برید و به

محصولات گسسته تبدیل کرد.

الزامات فرآیندهای ساخت

ساخت یک فعالیت پیچیده است که شامل افرادی با محدوده وسیع از نظم‌ها و مهارت‌ها همراه با طیف گسترده‌ای از ماشین آلات، تجهیزات و ابزارها با سطوح مختلف اتوماسیون شامل کامپیوترها، روبات‌ها و تجهیزات حمل و نقل مواد است. فعالیت‌های ساخت در مورد چندین خواسته و روال باید پاسخگو باشند:

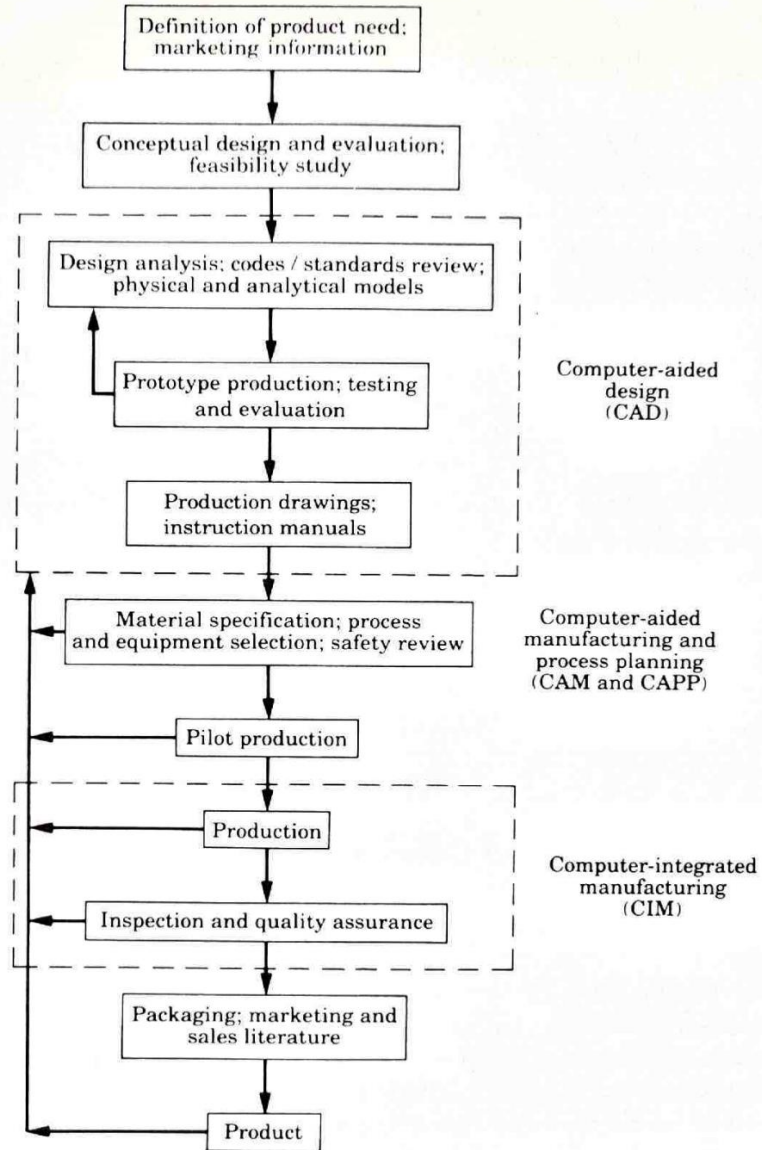
- یک محصول باید تمام الزامات طراحی و **مشخصات مورد نیاز** (specification) را برآورده کند.
- محصول باید توسط **اقتصادی‌ترین روش** ساخته شود تا هزینه‌ها را کمینه کند.

- کیفیت باید در تمام مراحل از طراحی تا اسمبل، **کنترل** شود نه بعد از ساخت (بخصوص برای فرایندهای ساخت ویژه مثل جوشکاری)
- در محیط به شدت رقابتی، روشهای تولید بایستی به اندازه کافی **منعطف** باشند تا به تغییرات در تقاضای بازار، انواع محصولات، سرعت های تولید، کمیت تولید و تحویل به موقع مشتری پاسخ در خور دهند.
- **توسعه مواد و روشهای جدید تولید و استفاده از کامپیوتر** در فعالیتهای تکنولوژیکی و مدیریتی در سازمانهای تولید کننده، از نظر زمان و هزینه باید بطور مستمر مورد ارزیابی قرار گیرند.

- فعالیتهای ساختی بایستی به عنوان یک سیستم بزرگ مورد نظر قرار گیرند که هر بخش با سایر بخشها **ارتباط** داشته باشد. چنین سیستم هایی به منظور بررسی اثر عوامل مختلف مانند تغییرات در خواسته‌های بازار، طراحی محصول، مواد، قیمت‌ها و روشهای تولید یا نسبت کیفیت تولید به هزینه باید **قابل مدل‌سازی** باشند.
- **سازنده باید با مشتری در ارتباط باشد** تا با گرفتن بازخورد به بهبود مستمر محصول کمک کند.
- سازمان سازنده باید بطور مستمر در جهت **بهبود بهره‌وری (productivity)** (یعنی استفاده بهینه از تمام منابع: مواد، ماشین‌ها، انرژی، سرمایه، نیرو کار و تکنولوژی)، تلاش کند. خروجی هر نیرو نسبت ساعت کار در هر فازی، باید پیشینه شود.

۲- فرآیند طراحی و مهندسی همزمان

مراحل طراحی و ساخت یک محصول



13 **FIGURE 1.2** Chart showing various steps involved in designing and manufacturing a product. Depending on the complexity of the product and the type of materials used, the time span between the original concept and marketing a product may range from few months to many years. *Concurrent engineering* combines these stages to reduce the time span and improve efficiency and productivity.

مهندسی همزمان Concurrent Engineering

بطور سنتی ، فعالیت های طراحی و ساخت بصورت متوالی انجام می شوند تا همزمان.

به مهندسین ساخت نقشه های جزئی و مشخصات محصول داده می شود و از آنها ساخت محصول خواسته می شود. آنها اغلب هنگام ساخت با مشکلاتی مواجه می شوند چون مهندسین محصول و طراح نمی توانند مشکلاتی حین ساخت را پیش بینی کنند.

این وضعیت دشوار بوسیله مهندسی همزمان تا حد زیادی بهبود می یابد.

مهندسی همزمان: یک نگرش سازمان یافته است که طراحی و ساخت محصول را با توجه به بهینه سازی

تمام المان های دخیل در چرخه عمر محصول را بصورت یکپارچه در نظر می گیرد.

Life Cycle چرخه عمر یک محصول به معنی تمام جنبه های یک محصول است مانند طراحی، توسعه، تولید،

پخش، استفاده، دورریز و بازیافت که باید به طور همزمان در نظر گرفته شوند.

هدف: حداقل کردن تغییرات طراحی و مهندسی، کاهش هزینه و زمان از مفهوم طراحی تا تولید و ورود به

بازار است.

۳- تولید یکپارچه‌ی کامپیوتری (اتوماسیون صنعتی): Computer Integrated Manufacturing

پیشرفت‌های بسیار اندکی در تاریخ ساخت اثری به بزرگی کامپیوتر داشته‌اند.

با شروع از گرافیک کامپیوتری، استفاده از کامپیوتر به طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر توسعه یافت و نهایتاً به سیستم‌های ساخت یک‌پارچه‌ی کامپیوتری رسید.

استفاده از کامپیوترها دارای ابعاد وسیعی در ساخت هستند که شامل کنترل و بهینه‌سازی فرایندهای ساخت، جابه‌جایی مواد، اسمبل و بازرسی اتوماتیک و تست محصولات است.

تولید یکپارچه کامپیوتری (CIM) با در نظر گرفتن مزایای زیر بسیار موثر است:

- پاسخ گویی سریع به تغییرات بازار ، بهبود محصول و چرخه عمر کوتاه تر محصول.
- تولید محصولات با کیفیت بالا و قیمت پایین.
- استفاده بهتر از مواد، ماشین آلات و پرسنل با تعداد کمتر.
- کنترل بهتر تولید و مدیریت کلی عملیات ساخت.

سیستم‌های کنترل ماشین (Machine Control Systems)

کنترل عددی (NC) ماشین‌ها، یک روش کنترل حرکت اجزاء یک ماشین به وسیله وارد کردن مستقیم دستورات کد شده به فرم داده‌ای عددی است.

کنترل عددی ابتدا در اوایل ۱۹۵۰ اعمال شد و به عنوان پیشرفت بزرگی در اتوماسیون ماشین‌ها در آمد.

با پیشرفت در کامپیوترها، کنترل عددی به صورت کنترل عددی کامپیوتری، یعنی CNC در آمد (داده ورودی به صورت برنامه است).

(CAD) **رسم مدل:** طراحی به کمک کامپیوتر به طراح این اجازه را می‌دهد که بدون نیاز به نمایش‌های هزینه بر مانند مدل و نمونه اولیه

CAE **تحلیل مدل (مهندسی به کمک کامپیوتر):** اکنون می‌توان کارایی سازه‌ها تحت بارهای استاتیکی (ثابت) یا خستگی یا دما را شبیه

سازی و تحلیل نمود و به صورت موثری آزمایش کرد و بهبود داد.

(CAM) **ساخت به کمک کامپیوتر** انجام مراحل تولید با استفاده از پردازش اطلاعات ذخیره شده در پایگاه اطلاعاتی سازمان : مثلا در

برنامه‌نویسی ماشین‌های کنترل عددی ، برنامه‌نویسی برای رباتهای جابجایی مواد ، ابزارهای طراحی ، فیکسچرها و حفظ کنترل کیفیت.

CAPP (Computer Aided Process Planning) **برنامه‌ریزی فرایند به کمک کامپیوتر** قادر به بهبود بهره‌وری در یک کارخانه

بوسیله بهینه سازی برنامه فرایند (Process Plan) ، کاهش هزینه برنامه‌ریزی ، بهبود و پایداری کیفیت محصول و قابلیت اطمینان است.

کارکردهایی مانند تخمین هزینه و استانداردهای کاری (زمان لازم برای انجام عملیات مشخص) می‌توانند وارد این سیستم شوند.

هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)

عبارت است از استفاده از ماشین‌ها و کامپیوترها به جای هوش انسان. سیستم‌های کنترل شونده با کامپیوتر در حال بدست آوردن این توانایی هستند که از تجارب خود یاد بگیرند و تصمیماتی بگیرند که عملیات را بهینه و قیمت‌ها را کمینه کنند. سیستم‌های خبره (Expert Systems) در واقع برنامه‌های کامپیوتری هوشمند با توانایی انجام وظایف و حل مشکلات واقعی بوده در حال توسعه سریع هستند.

ANN = Artificial Neural Networks

با توسعه و پیشرفت شبکه‌های عصبی مصنوعی، که برای شبیه‌سازی فرایند تفکر در مغز انسان طراحی شده اند، این سیستم‌ها توانایی مدل‌سازی و شبیه‌سازی تجهیزات تولید، کنترل فرایند‌های ساخت، حل مشکل کارایی ماشین، انجام برنامه ریزی‌ها مالی و مدیریت استراتژی ساخت در کارخانه را دارند.

۴- تضمین کیفیت و مدیریت کیفیت جامع

(Quality Assurance and Total Quality Management)

کیفیت محصول یکی از مهمترین جنبه‌های ساخت است و به طور مستقیم رقابت پذیری محصول و رضایت مشتری را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

به طور سنتی، تضمین کیفیت به وسیله ی بازرسی قطعات بعد از ساخت بدست می‌آید.

قطعات بازرسی می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که جزییات مشخصات و استاندارد ها مانند ابعاد با کیفیت سطحی و خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب مطابقت دارند.

با این حال پس از ساخت، کیفیت را در یک محصول نمی‌توان (به طور کامل) بازرسی و تضمین کرد.

کنترل فرایند ساخت به جای کنترل کیفیت محصول

عمل بازرسی محصول پس از ساخت به سرعت در حال جایگزین شدن بوسیله یک دیدگاه وسیعتر است که "کیفیت از مرحله طراحی تا تمام مراحل بعدی ساخت و اسمبل، باید در یک محصول ساخته شود نه اینکه بررسی شود".

از آنجائیکه محصولات بوسیله چندین فرایند ساخت می‌شوند که کارایی آنها می‌تواند ولو در یک بازه زمانی کوتاه تغییرات جدی داشته باشد بنابراین کنترل فرایند یک عامل بحرانی در کیفیت محصول است.

بنابراین ما فرایند را کنترل می‌کنیم و نه محصول را.

مشکلات محصول معیوب

- تولید محصولات معیوب می‌تواند برای تولیدکننده بسیار هزینه‌بر باشد و برخلاف باور عمومی، محصولات کیفیت پائین لزوماً هزینه کمتری نسبت به محصولات کیفیت بالا ندارند (مثال: هزینه تعمیر یک محصول خراب بسیار بالاست).
- در عملیات اسمبل مشکل ساز می‌شود.
- باعث تعمیر در field می‌شود.
- سبب نارضایتی مشتری می‌شود.

WORLD-CLASS MANUFACTURING ساخت در کلاس جهانی برای پاسخ به این خواسته‌ها در عین

حال پایین نگه داشتن قیمت‌ها یک چالش ثابت (همیشگی) برای شرکت های سازنده است و برای بقای آنها بسیار مهم است.

اغلب قیمت یک محصول در رقابتی بودن آن در بازار و رضایت عمومی مشتری عامل برجسته‌ای است. بنابراین تمام هزینه‌های ساخت یک محصول با کیفیت باید تحلیل شوند. معمولاً حدود ۴۵٪ قیمت یک محصول، هزینه های ساخت آن است.

طراحی	5%
مواد	50%
ساخت	45%

ملاک‌های شناسایی یک محصول اقتصادی

- **طراحی** باید تا حد امکان برای ساخت، اسمبل و جداسازی و بازیافت **آسان** باشد.
- مواد باید به علت **مشخصات تولید مناسبشان** انتخاب شوند. (مثال : ممکن است ماده ای ارزان باشد ولی هزینه ماشین کاری آن خیلی بالا باشد سپس فقط قیمت ماده خام ملاک نیست بلکه مشخصات ساختی ماده نیز بسیار مهم است) .
- **دقت ابعادی و کیفیت سطحی** مشخص شده بایستی حتی الامکان **وسیع** باشند (تولرانس ها خیلی بسته نباشند چراکه هزینه بالا میرود) .
- چون **عملیات ثانویه** بخشی از هزینه‌های نهایی هستند بنابراین باید **حتی الامکان حذف یا کم** شوند (مثل پرداخت کاری ، رنگ ، سندبلاست و ...) .
- **هزینه های نهایی** یک محصول شامل هزینه مواد ، ابزار و کارگر و هزینه های ثابت (مثل پول برق و روشنایی ، گرمایش ، سرمایش ، پرسنل غیرفنی ...) هستند که **باید کم شوند**.

چند روش کاهش هزینه‌ها از دید مهندسی

تحلیل طراحی محصول

□ بررسی اینکه اندازه قطعات و اشکال آیا بهینه هستند؟

□ آیا مواد با حداقل هزینه انتخاب شده اند یا امکان **جایگزینی مواد** در ضمن حفظ مشخصات خواسته شده از محصولات وجود دارد؟

مثال ۱ : رویکرد از ساخت قطعات ضخیم قدیمی ← قطعات ظریف جدید مثلاً : ماشینهای سواری .

مثال ۲ : استفاده از فولادهای DP بجای فولادهای مرسوم در صنایع خودرو که هم استحکام را بالا برده و هم وزن را کاهش می دهد البته این فلزات گران هستند ولی باعث کاهش مصرف سوخت اند که در صورت گرانی سوخت مقرون به صرفه اند.

۶- تولید ناب و ساخت چابک (Lean production and agile manufacturing):

تولید ناب : این ایده اساسا شامل **ارزیابی تمام فعالیتهای انجام شده در یک شرکت** است : بررسی راندمان و کارایی فعالیتهای مختلف، بررسی لزوم ابقا برخی فعالیتهای و مدیران، کارایی ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده در عملیات ضمن حفظ و بهبود کیفیت، تعداد پرسنل مشغول در یک عملیات و در نهایت **یک تحلیل کلی برای کاهش هزینه** هر فعالیت شامل **بخشهای تولیدی و غیر تولیدی است** . یعنی یک رویکرد مدیریتی است که روی **حذف زوائد** از سیستم بدون **افت کیفیت** تمرکز می کند

ساخت چابک

(Agile manufacturing) ساخت چابک یا منعطف عبارتی است برای نشان دادن استفاده از اصول **تولید ناب** در یک مقیاس وسیع تر.

مفهوم ساخت چابک اطمینان از این است که شرکت سازنده منعطف است و میتواند به سرعت به تغییر در تنوع محصول یا تقاضا و نیاز مشتری جواب دهد. (یعنی شرکت به سرعت خود را با نیاز بازار و مشتری وفق دهد). این مساله از طریق افراد، تجهیزات، نرم افزار و سخت افزار کامپیوتری، کاهش زمان تغییر و سیستم های ارتباطی پیچیده بدست می آید .

۷- طراحی و ساخت سازگار با محیط زیست

فقط در ایالات متحده سالانه ۹ میلیون ماشین سواری و ۲۸۵ میلیون تیر دور انداخته می شوند که ۱۰۰ میلیون تیر به روشهای مختلف دوباره استفاده می شوند. بیش از ۹ میلیارد کیلوگرم محصولات پلاستیکی در هر سال دور انداخته می شوند. هر سه ماه صنایع و مصرف کنندگان آنقدر آلومینیوم دور می ریزند که برای ساخت مجدد کل ناوگان تجاری هوایی کشور (آمریکا) کافی است. در آلمان، هر سال ۸۰۰,۰۰۰ تن تلویزیون قدیمی، رادیو و وسایل کامپیوتر دور ریخته می شوند. چگونه ما می توانیم این حجم بزرگ از زباله را بازیافت یا دفع کنیم؟

در عملیات ساخت، می توان تعداد زیادی از این مثالها را ذکر نمود و تعداد سوالات مشابه را بالاتر برد.

- سیالات فلزکاری مانند روانکارها و خنک کننده ها که اغلب در ماشین کاری، سنگ زنی و عملیات شکل دهی استفاده می شوند.
- سیالات مختلف و حلالها در محصولات پاک شده تولیدی بکار می روند. برخی از این سیالات پس از استفاده سبب آلودگی آب و هوا می شوند .
- بطور مشابه بسیاری از محصولات واحدهای تولیدی سالهاست که دور انداخته شده اند مانند : ماسه و افزودنیهای آن مورد استفاده در ریخته گری، آب و روغن و سایر سیالات از تجهیزات عملیات حرارتی و آبکاری، سرباره ریخته گری و جوشکاری، طیف وسیعی از دورریزهای فلزی و غیرفلزی در عملیات شکل دهی ورق، ریخته گری و قالبگیری .

اثرات نامطلوب: آب و هوای آلوده، باران اسیدی، سوراخ شدن لایه ازن، اثر گلخانه‌ای، پسماندهای خطرناک، دفع فاضلاب و گرمایش را در نظر بگیرید.

مهندسين ساخت و مديران شركت ها داراي مسؤوليت‌هاي بزرگي هستند كه بايستي عمليات ساخت سازگار با محيط زيست طراحي و اجرا نمايند.

در اين رابطه مي‌توان از دستورالعمل‌هاي خاصي استفاده نمود كه در ذيل آمده است :

- انجام بهبود در بازیابی و پالایش زباله‌ها و استفاده مجدد از مواد.
- کاهش دورریز مواد در منبع تولید بوسیله بهبود طراحی محصول و کاهش مقدار ماده مصرف شده
- انجام تحقیق و توسعه در مورد محصولات و تکنولوژیهای ساخت سازگار با محیط زیست
- کاهش استفاده از مواد پرخطر در محصولات و فرآیندها
- اطمینان از جابجایی و دفع تمام ضایعات

طراحی و ساخت سازگار با محیط زیست

- یک تاکید اساسی روی طراحی برای محیط زیست (Design For the Environment, DFE) یا طراحی سبز **Green Design** (سبز به معنای ایمن و دوستدار محیط زیست) وجود دارد.
- این نگرش، اثرات منفی احتمالی مواد، محصولات و فرآیندها روی محیط زیست را پیش بینی می کند بطوریکه بتواند در مراحل ابتدایی طراحی و تولید محصول از آن استفاده کند.
- اهداف اصلی در حال حاضر **جلوگیری از آلودگی منابع، بازیابی و استفاده مجدد بجای دفن** است.
- این اهداف منجر به مفهوم طراحی برای بازیافت (Design for recycling) شده است. مثال: FSW