فصل ۱

مقدمه

مطالب این فصل

۱-۱ مقدمه و چکیده
۱-۲ مواد در طراحی
۱-۳ سیر تکاملی مواد مهندسی
۱-۴ مطالعه‌ی موردی: سیر تکاملی مواد در جارو برقی‌ها
۱-۵ خلاصه مطالب و نتیجه‌گیری
۱-۶ منابع بیشتر برای مطالعه

۱-۱ مقدمه و چکیده

" طراحی" از آن دسته واژه‌هایی است که معانی گوناگونی برای افراد مختلف دارد. هر چیزی که ساخته شده است، از ظریف ترین کلاه های زنانه گرفته تا گریسی‌ترین جعبه‌دنده‌ها، به نوعی نمایانگر یک طراحی هستند. اما این واژه می‌تواند مفاهیم بیشتری در خود داشته باشد. به عنوان مثال طبیعت، برای برخی *طراحی خداست*[۱] و برای برخی دیگر، طراحی حاصل *انتخاب طبیعی*[۲] است. با این تفاسیر، خواننده با محدود کردن گستره‌ی موضوع مورد بحث (حتی به میزان اندک) موافق خواهد بود.

این کتاب در مورد طراحی مکانیکی[۳] و نقش مواد در آن است. اجزای مکانیکی دارای جرم هستند؛ بار[۴] تحمل می کنند؛ رسانای حرارت و الکتریسیته هستند؛ در معرض سایش[۵] و محیط های خورنده قرار دارند؛ از ترکیب

---

[1] Devine Design
[2] Natural Selection
[3] Mechanical Design
[4] Load
[5] Wear

یک یا چند ماده تشکیل شده‌اند؛ شکل خاصی دارند و باید تولید[۶] شوند. این کتاب به تشریح چگونگی رابطه‌ی بین این فعالیتها می‌پردازد.

مواد، از زمانی که انسان نخستین لباس را دوخت، پناه‌گاهها را ساخت و به جنگیدن پرداخت تاکنون، دارای محدودیت در طراحی بوده‌اند. این محدودیت هنوز نیز وجود دارد. اما امروزه مواد و فرآیندهای شکل‌دهی آنها سریع‌تر از هر زمان دیگری در حال گسترش‌اند و چالشهای پیش روی آنها و فرصتهایی که ایجاد می‌کنند بیش از گذشته‌هاست. این کتاب در پی گسترش یک راهبرد برای مواجهه با چالشها و استفاده‌ی بهینه از فرصتهاست.

۲-۱ مواد در طراحی

طراحی، فرآیند بیان یک ایده‌ی جدید یا نیاز بازار[۷] به زبان اطلاعات دقیقی است که به وسیله‌ی آن محصولی می‌تواند تولید شود. در هر مرحله، نیاز به تصمیم‌گیری در مورد ماده‌ی سازنده‌ی محصول و فرآیند ساخت آن وجود دارد. غالباً انتخاب ماده توسط متغیرهای طراحی دیکته می‌شود اما در برخی موارد مسأله به گونه‌ی دیگری است: به دلیل تولید یک ماده جدید است که تولید محصولی جدید و یا تکامل محصول موجود، پیشنهاد و یا ممکن می‌گردد. شمار موادی که در دسترس مهندس طراح قرار دارد بسیار زیاد است: در برخی موارد بیش از ۱۲۰۰۰۰ مورد برای استفاده. این در حالیست که علیرغم تلاشهای صورت گرفته برای استانداردسازی به منظور کاهش تعداد، ظهور پیوسته‌ی مواد با خواص کاربردی جدید، گستره‌ی انتخابها را وسیع‌تر می‌کند. حال مهندس طراح چگونه می‌تواند از میان این منوی گسترده، بهترین ماده‌ی مناسب برای هدفش را انتخاب نماید؟ آیا باید به تجربه‌اش متکی باشد؟ در گذشته او چنین می‌کرد و این ابزار گرانبها (تجربه) را به کارآموزانش – که در آینده احتمالاً نقش او را به عنوان متخصص مواد که همه چیز را در مورد تولیدات کارخانه‌ی خود می‌داند به عهده می‌گرفتند– انتقال می‌داد. اما خیلی چیزها در دنیای طراحی مهندسی تغییر کرده و تمام آنها بر خلاف موفقیت این مدل عمل می‌کنند. اکنون زمان کنار گذاشتن آموزش بر مبنای روش استاد–شاگردی[۸] فرا رسیده است. امروزه با عوض کردن شغل مواجه هستیم یعنی متخصصی که امروز اینجاست فردا می‌رود و همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شد اطلاعات مواد به سرعت گسترش می‌یابند.

شبهه‌ای در ارزشمند بودن تجربه وجود ندارد[۹]، اما راهبرد آموزش تجربه محور[۱۰] با نحوه‌ی حرکت رو به رشد و چرخش روز افزون استعدادها[۱۱] که جزیی از عصر فن‌آوری اطلاعات هستند، هماهنگ نیست. ما نیازمند رویه‌ای[۱۲] *سیستماتیک* هستیم به گونه‌ای که دارای قابلیت فراگیری سریع بوده، در تصمیم‌های اتخاذ شده قوی و قابلیت پیاده‌سازی در کامپیوتر را داشته باشد و بتواند فصل مشترکی با سایر ابزارهای مهندسی ایجاد کند [۱۳]. پرسش‌ها ، بسته به مرحله‌ی طراحی باید مطرح شوند. در ابتدا، انتخابها گسترده‌اند؛ تمام مواد باید در نظر گرفته شوند. با متمرکز شدن و شکل گرفتن طراحی، معیارهای انتخاب دقیق‌تر شده و لیست مواد قابل

---

6 Manufacture
7 Market Need
8 Apprentice-based learning
9 There is no question of the value of experience
10 Experience-based learning
11 re-dispersion of talent
12 procedure
13 to interface with

کاربرد کوچکتر می‌شود. در این مرحله داده‌های دقیقتری[۱۴] (اگرچه برای تعداد کمتری از مواد) مورد نیاز است و شیوه‌ی متفاوتی برای تحلیل انتخابها باید به کار گرفته شود. در مراحل پایانی طراحی به داده های صحیحی [۱۵] برای تعداد کمتری از مواد و یا حتی برای یک ماده، نیاز است. رویه مورد نظر باید از سویی فراوانی اولیه گزینه‌ها را در نظر داشته و از سوی دیگر دقت و جزئیاتی را فراهم نماید که بر اساس آنها محاسبات طراحی نهایی انجام شود.

انتخاب ماده نمی‌تواند از انتخاب روش شکل‌دهی، اتصال، آماده سازی نهایی[۱۶] و سایر عملیات مورد نیاز مستقل باشد. هزینه نیز در هر دو مورد انتخاب ماده و انتخاب فرآیند[۱۷] دخیل است. همچنین اثر زیست محیطی ماده‌ی مورد استفاده نیز به همین گونه است. درک این مطلب نیز لازم است که تنها طراحی مهندسی برای فروش محصولات کافی نیست و تقریباً در همه چیز، از لوازم منزل گرفته تا اتومبیل و هواپیما، شکل، بافت[۱۸] ، حس[۱۹]، رنگ و تزیین محصول – و به عبارتی رضایتی که به مالک یا استفاده کننده منتقل می کند– اهمیت دارند. این دیدگاه که به اشتباه " طراحی صنعتی" خوانده می شود، دیدگاهی است که اگر فراموش گردد می‌تواند باعث از دست رفتن بازار تولیدکننده گردد. طراحی های خوب *کار می کنند*؛ اما طراحی های عالی لذت‌بخش نیز هستند.

گرچه در حل مسائل طراحی، بعضی از راه‌ها به وضوح بهتر از بقیه هستند، اما مسائل طراحی تقریباً همیشه باز[۲۰] می‌مانند و "یک" راه حل، یا راه حل "درست" ندارند. آنها با مسائل تحلیلی که در تدریس مکانیک یا سازه یا ترمودینامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند و عموماً دارای یک پاسخ صحیح هستند، تفاوت دارند. بنابراین اولین ابزاری که یک طراح نیاز دارد یک ذهن باز است: آمادگی برای در نظر گرفتن تمام احتمالات. اما یک تور ماهی‌گیری پهن، ماهی های زیادی را به سمت خود می‌کشد پس رویه‌ای برای انتخاب مورد "عالی" از بین موارد "خوب" مورد نیاز است.

این کتاب در مورد فرآیند طراحی از دیدگاه انتخاب مواد بحث می‌کند و به بسط روش‌شناسی‌ای می‌پردازد که در صورت استفاده‌ی صحیح، طراح را در میان انبوهی از انتخابهای پیش رو، راهنمایی می‌کند.

همچنین، *مشخصه‌های مواد و فرآیندها*[۲۱] معرفی شده‌اند. آنها در *نمودارهایی*[۲۲] به صورت نقشه درآمده‌اند به گونه‌ای‌که[۲۳] نشان دهنده‌ی شرایط کلی هستند[۲۴] و بررسی اولیه‌ی گزینه‌های مناسب را ساده می‌کنند. اما در واقعیت همیشه *اهداف متضاد*[۲۵] – مانند کم کردن هم‌زمان وزن و هزینه– وجود دارند که لازمه‌ی آنها

---

14 accurate
15 precise
16 finishing
17 process
18 texture
19 feel
20 open-ended
21 Material and Process attributes
22 Selection charts
23. so to speak used to emphasize that you are expressing sth in an unusual or amusing way: They were all very similar. All cut from the same cloth, so to speak
24 the lie of the land (BrE) (NAmE the lay of the land)
the way a situation is now and how it is likely to develop: Check out the lie of the land before you make a decision.

25 Conflicting objectives

استفاده از *روش سبک – سنگین کردن*[۲۶] است که تاثیر متقابل *ماده* و *شکل* در فرآیند انتخاب جزئی از آن است. روی‌هم‌رفته، این موارد زمینه‌ای برای گسترش مرزهای کارایی مواد فراهم می‌سازند. این گسترش با اضافه کردن بخش *ترکیبات*[۲۷]– ترکیب دو یا چند ماده، شکل و چیدمان[۲۸] با یک خاصیت مشترک– ، صورت می‌گیرد. اما هیچ کدام از اینها نمی‌توانند بدون داشتن *داده*[۲۹]هایی از خواص مواد و ویژگی‌های فرآیند، انجام شوند: در اینجا راههای یافتن آنها شرح داده شده است. همچنین درباره نقش *زیبایی شناسی*[۳۰] در طراحی مهندسی بحث شده و *تغییر در عوامل تاثیرگذار* [۳۱] در دنیای مواد که مشهورترین آنها دغدغه‌های زیست محیطی است، کاویده شده اند. پیوست‌ها نیز دارای اطلاعات مفیدی هستند.

از روش‌هایی که امکان استفاده از آنها به صورت کامپیوتری وجود دارد مثل پایگاه انتخاب مواد و فرآیند CES، در مطالعات موردی و برای بسیاری از شکلهای این کتاب استفاده شده است. آنها همچنین قابلیت استفاده با سایر فایلهای CAD، مدل‌سازی عملکرد و روال بهینه‌سازی را دارند اما در حال حاضر کار بر روی این پایگاه اطلاعاتی در حال انجام است و هنوز به صورت تجاری در نیامده است.

در فصول آتی، تمام این مطالب با مطالعات موردی کاربردی آمده است. اما ابتدا کمی درباره‌ی تاریخچه بدانیم:

۳-۱ سیر تکاملی[۳۲]مواد مهندسی

مواد در طول تاریخ، طراحی محدودی داشته‌اند. دوره‌های تاریخی بر اساس مواد مورد استفاده بشر نام‌گذاری شده‌اند: عصر حجر، برنز (مفرغ) و آهن. زمانی که انسانی می‌مرد مواد گرانبهایش با او دفن می‌شد: توتانخامن[۳۳] در تابوت سنگی لعاب داده شده‌اش، آگاممنون[۳۴] با ماسک طلا و خنجر برنزی‌اش که هر کدام نشان‌دهنده‌ی قوت تکنولوژی آن عصر است.

اگر آنها در زمان ما زندگی کرده و می‌مردند چه چیزی ممکن بود همراه خود بردارند؟ شاید ساعت تیتانیمی‌شان، راکت تنیس تقویت شده با الیاف کربنی[۳۵]، دوچرخه کوهستان‌شان از جنس کامپوزیت زمینه فلزی[۳۶]، فریم عینکشان که از جنس آلیاژ حافظه‌دار است با لنزهای پوشش داده شده با کربن که مانند الماس به نظر می رسند[۳۷]، یا شاید کلاه ایمنی‌شان که از جنس پلی‌اتر–اتیل–کتون[۳۸] است. این عصر، عصر یک ماده نیست بلکه عصر دامنه‌ی وسیعی از مواد است. سرعت توسعه مواد و گوناگونی خواص آنها در هیچ دوره‌ای به این اندازه نبوده است. شمار مواد با چنان سرعتی افزایش یافته که به یک دانش‌آموخته‌ی ۲۰ سال

---

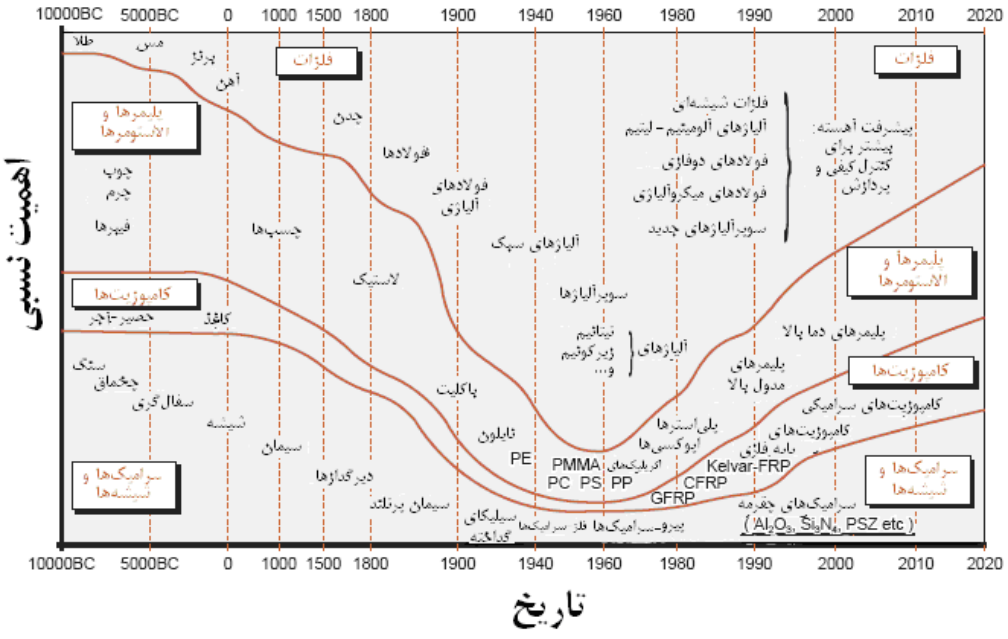
[26] Trade-off method
[27] hybrids
[28] configuration
[29] data
[30] aesthetics
[31] Forces driving change
[32] Evolution

[۳۳] توتانخامن(Tutankhamun) که در ابتدای زندگی‌اش توتانخاتن (Tutankhaten) نامیده می‌شد دوازدهمین فرعون از هجدهمین سلسله پادشاهان مصر است. وی از سال ۱۳۴۱ تا ۱۳۲۳ ق.م در دوران معروف به پادشاهی جدید (New Kingdom)زیسته و از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۲۳ ق.م حکومت کرده است.

۳۴ آگاممنون (Agamemnon) فرزند آتروس، پادشاه یونان در جنگهای تروا بوده است.

[35] carbon-fiber reinforced tennis racquet
[36] metal-matrix composite mountain bike
[37] shape-memory alloy eye-glass frames with diamond-like carbon coated lenses
[38] polyether–ethyl–ketone crash helmet.

پیش نمی‌توان به سبب خبر نداشتن از نیمی از آنها خرده گرفت. اما اگر طراح آنهـا را نشناسـد، ممکـن اسـت فاجعه‌آمیز باشد. طراحیِ ابداعی، غالباً به معنی استفاده‌ی خلاقانه از خواص مواد جدیـد یـا مـواد اصـلاح شـده است و ندانستن این موضوع[39] برای یک آدم معمولی یا حتی یک دانش‌آموز به معنـی از دسـت دادن یکـی از پیشرفتهای بزرگ عصر ماست: عصر مواد پیشرفته. این سیر تکاملی و حرکت رو بـه رشـد آن در شـکل ۱-۱ بیان شده است. مواد ماقبل تاریخ (پیش از ۱۰۰۰۰ ق.م، عصر حجر) شامل سرامیک‌ها و شیشه‌هـا، پلیمرهـای طبیعی و کامپوزیت‌ها می‌شود، سلاحها – که همیشـه نقطـه‌ی اوج تکنولـو ژی هسـتند – از جـنس چـوب و چخماق‌اند، پل ها و ساختمانها، سنگی یا چوبی هستند. طبعـاً طـلا و نقـره در مکـان هـای محـدودی وجـود داشته‌اند و به دلیل کمیاب بودن اهمیت به سزایی به عنوان پول داشته‌اند اما نقش آنها در تکنولوژی کم رنگ بوده است. پیشرفت اولیه و ناقص شیمی حرارتی[40] ابتدا منجر به استخراج مس و برنـز و سـپس آهـن گردیـد (عصر برنز، ۴۰۰۰ تا ۱۰۰۰ ق.م و عصر آهن، ۱۰۰۰ ق.م تا ۱۶۲۰ ب.م) که باعث به وجود آمدن پیشـرفتهای شگرفی در تکنولوژی شد.



شکل ۱-۱ سیر تکاملی مواد مهندسی با زمان. "اهمیت نسبی" بر اساس اطلاعاتی است که از کتبی که در بخش "منابع بیشتر برای مطالعه" آمده، استخراج شده است. به علاوه، داده‌های پس از ۱۹۶۰ برای هر خانواده از مواد اختصاص بـه اطلاعـات آن در دانشـگاههای بریتانیـا و آمریکا دارد. پروژه‌های برنامه‌ریزی شده تا سال ۲۰۲۰ بر اساس تخمین سازندگان اتومبیل‌ها و سازه‌های هوایی از کاربرد مواد در آنها می‌باشد. مقیاس زمان در نمودار غیر خطی است. آهنگ تغییر، امروزه بسیار بیشتر از هر زمان دیگری در تاریخ است.

---

39 be not to know to have no way of realizing or being aware that you have done sth wrong: 'I'm sorry, I called when you were in bed.' 'Don't worry—you weren't to know.'

40 Thermo-chemistry

(کاریکاتوری روی در اتاق من توسط دانشجویی نصب شده که شخصی از نژاد سلت[۴۱] را نشان می‌دهد که به یک شمشیرساز این جمله را می‌گوید: " تو این شمشیر برنزی را هفته‌ی گذشته به من فروختی و حالا من فکر می‌کنم آن را باید به آهن ارتقا بدهم!") تکنولوژی چدن (دهه‌ی ۱۶۲۰ میلادی) پایه‌گذار تسلط فلزات بر مهندسی گردید و از آن به بعد تکامل فولاد (از ۱۸۵۰ میلادی)، فلزات سبک (دهه‌ی ۱۹۴۰ میلادی) و آلیاژهای ویژه جایگاه آنان را در مهندسی مستحکم ساختند. تا دهه ی ۱۹۶۰ میلادی "مواد مهندسی" به معنی "فلزات" بود. برای مهندسان تنها مباحث "متالورژی[۴۲]" ارائه می‌شد و به ندرت توجهی به سایر مواد می‌گردید.

البته پیشرفتهایی در سایر مواد مانند سیمانهای اصلاح‌شده[۴۳]، دیرگدازها، شیشه‌ها، لاستیک، باکلیت و پلی‌اتیلن میان پلیمرها وجود داشته اما سهم آنها از کل بازار مواد ناچیز بوده است. از۱۹۶۰ به بعد همه چیز تغییر کرد. در حال حاضر سرعت پیشرفت آلیاژهای فلزی جدید کم است، تقاضا برای فولاد و چدن عملاً در برخی کشورها کاهش یافته است[۴۴]. از سوی دیگر، صنایع پلیمر و کامپوزیت به سرعت در حال گسترش‌اند. همچنین رشد تولید سرامیک‌های پیشرفته‌ی[۴۵] جدید نمایانگر روند توسعه‌ی پیوسته‌ی آنهاست.

این آهنگ سریع تغییرات، فرصت‌هایی را به وجود می‌آورد که طراح نمی‌تواند از آنها چشم‌پوشی کند. مطالعه‌ی موردی زیر، مثالی برای این مورد است.

---

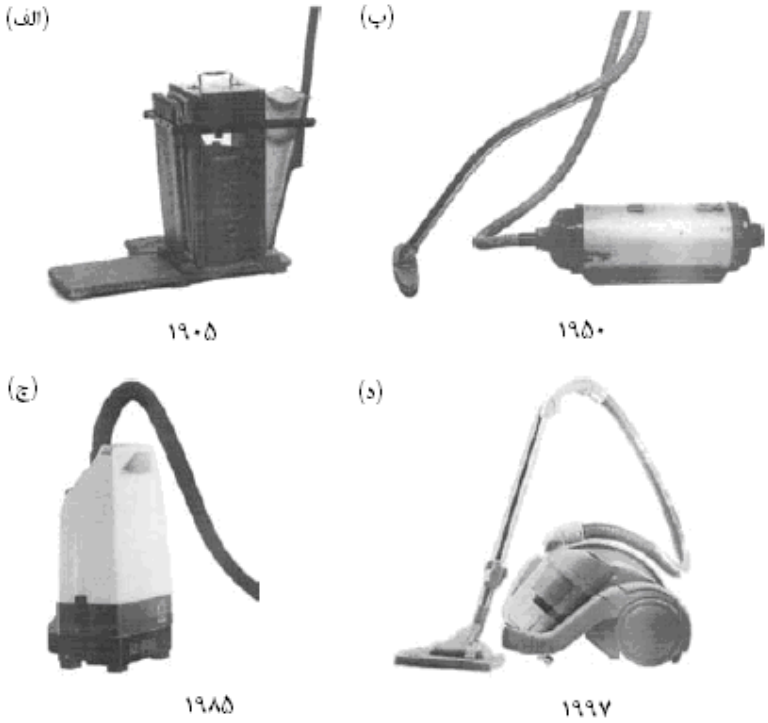
41 Celt

۴۲ مبحثی در علم مواد که به فلزات می پردازد. نکته جالب اینجاست که این واژه را حتی بسیاری از متخصصین نیز اشتباه تلفظ می‌کنند. احتمالا منشأ پیدایش این خطا قیاس نادرستی است که افراد در ذهن خود می‌سازند. چون فیزیولوژی،بیولوژی، تکنولوژی و هزاران واژه دیگر به لوژی (logy)ختم می‌شوند این تصور پیش می آید که این واژه هم باید به همان قیاس ، متالوژی باشد. اما نگارش درست این واژه ، متالورژی (Metallurgy) است که از دو واژه یونانی Metal به معنی « فلز» و Ourgein به معنی «کارکردن » ترکیب شده است.

43 Improved cements

۴۴ اما تصور نکنید که زمان فولاد پایان یافته است. تولید فولاد ٪۹۰ درصد کل تولید فلزات در جهان است و ترکیب استثنایی استحکام، چکش خواری، چقرمگی و هزینه پایین، فولاد را بی‌جایگزین کرده است.

45 High performance



شکل ۱-۲ جاروها: (الف) جاروی دستی مکنده[۴۶] ۱۹۰۰، بیشتر از جنس چوب و چرم؛ (ب) جاروی استوانه ای ۱۹۵۰؛ (ج) جاروی سبک ۱۹۸۵ که تقریباً تمام آن پلیمری است؛ و (د) جاروی گردگیری با سیستم گریز از مرکز[۴۷] ۱۹۹۷ .

۱-۴ مطالعه‌ی موردی: تکامل مواد در جارو برقی‌ها

جارو کردن و گردگیری شامل برداشتن گرد و غبار از روی زمین و پخش شدن آن در هواست و ساکنان خانه آن را استنشاق می‌کنند. بنابراین کارهایی هستند که برای سلامتی مضرند و در واقع باقی گذاردن گرد و غبار همان‌جا که هست بهتر از جارو کردن و گردگیری است.

این مطلب را پزشکی در حدود ۱۰۰ سال پیش نوشته است. بیش از تمام نسلهای گذشته، کسانی که در زمان ملکه ویکتوریا می‌زیسته‌اند نگران گرد و غبار بوده‌اند. آنها متقاعد شده بودند که گرد و غبار، ناقل انواع بیماریهاست. گردگیری تنها باعث پخش شدن آن در فضا شده و همانطور که آن پزشک گفته بود، بیماری مسری‌تر می‌شود و عجیب نیست[۴۸] که پس از آن، آنها ماشین جارو را ابداع کردند.

ماشین‌های جاروی ۱۹۰۰ و قبل از آن با نیروی شخص کار می‌کردند (شکل۱-۲ الف). خدمتکار، محکم روی یک سطح صاف ایستاده و دسته جارو را فشار می‌داد، با فشار روی دمنده[۴۹]، هوا از طریق شیرهای یک‌طرفه‌ی

---

[46] hand-powered bellows
[47] centrifugal dust-extraction cleaner
[48] (it's) no / little / small wonder (that) ... it is not surprising: It is little wonder (that) she was so upset. (informal) No wonder you're tired, you've been walking for hours.
[49] bellows

چرمی[50] که برای ایجاد یک جریان یک‌سویه تعبیه شده بود، از داخل یک محفظه‌ی فلزی فیلتردار با دبی در حدود ۱ لیتر بر ثانیه مکش و فشرده می‌گردید. خدمتکار نیز لوله لاستیکی را حرکت می‌داد. مواد به کار رفته، طبق استانداردهای امروز موادی ابتدایی هستند: این جاروها تقریباً به صورت کامل از مواد طبیعی ساخته می‌شدند: چوب، کرباس، چرم و لاستیک. تنها فلزات به کار رفته در تسمه‌ها بودند که دمنده (از جنس آهن نرم) را به محفظه‌ی فیلتردار (ورق فولادی کم‌کربن که به صورت یک استوانه نورد شده بود) وصل می‌کردند. این نشان‌دهنده‌ی چگونگی استفاده از فلزات در ۱۹۰۰ است. حتی خودروها (اتوموبیل ها) هم در ۱۹۰۰ بیشتر از چوب ، چرم و لاستیک بوده و تنها موتور و محور انتقال نیرو فلزی بود.

ماشین‌های جاروی الکتریکی (جارو برقی‌ها) اولین بار حدود ۱۹۰۸ پدیدار شدند[51]. تا سال ۱۹۵۰ طراحی تا ساخت جاروی سیلندری که در شکل ۱–۲ ب نشان داده شده، پیش رفت (دبی حدود ۱۰ لیتر بر ثانیه). جریان هوا به صورت محوری از طریق یک سیلندر توسط یک مکنده‌ی الکتریکی مکش می‌شود. این مکنده تقریباً نصف فضای سیلندر را اشغال می‌کند و مابقی سیلندر، فیلتر را در خود جای می‌دهد. قطعاً یک پیشرفت در طراحی این جارو استفاده از پمپ هوای الکتریکی است. درست است که موتور آن حجیم و کم‌توان است اما می‌تواند به‌صورت پیوسته، بدون وقفه و بدون نیاز به نیروی انسانی کار کند. اما موارد دیگری نیز هست: جارو تقریباً به طور کامل از فلزات ساخته شده: جداره‌ی خارجی، درپوش‌های انتهایی[52] ، رانرها[53] و حتی تیوب جمع‌آوری گرد و غبار از جنس فولاد کم کربن هستند: فلزات کاملاً جایگزین مواد طبیعی شده‌اند.

پیشرفتها از آن زمان با استفاده‌ی مبتکرانه از مواد جدید سرعت گرفتند. جارو برقی سال ۱۹۸۵ – شکل۱–۲ ج– قدرتی تقریباً برابر ۱۶ خدمتکار تمام وقت (۸۰۰ وات) و دبی هوای متناسب با آن داشت. امروزه جاروهایی با قدرت دو برابر بیشتر از آن در دسترس هستند. جریان هوا کماکان محوری است و گرد گیری با فیلتر کردن صورت می‌گیرد اما کل مجموعه[54] کوچکتر از جاروهای سیلندری است. این قابلیت به کمک قدرت[55] بالاتر موتور با استفاده از مواد مغناطیسی بهتر و دماهای کاری بالاتر (عایق کردن حرارتی و یاتاقان امکان‌پذیر شده است. جداره‌ی خارجی کاملاً پلیمری نمونه‌ی خوبی از طراحی با پلاستیک‌هاست.

در قسمت بالایی که به بصورت یکپارچه قالبگیری شده است، هیچ فلزی مشاهده نمی‌شود حتی در قسمت مستقیم تیوب مکش[56]. فلزات در نمونه‌های اولیه اکنون پلی‌پروپیلن‌اند. تعداد اجزا کاهش قابل توجهی یافته‌اند: جداره‌ی خارجی تنها ۴ جز دارد که تنها با یک بست نگه‌داشته شده است. در مقابل، جداره‌ی جاروی ۱۹۵۰، ۱۱ جز و ۲۸ بست دارد. همان‌گونه که در جدول۱–۱ آمده است، کاهش وزن و قیمت بسیار چشمگیر است. این مساله که این طراحی (و متغیرهای بسیار آن) برای احتیاجات امروز تقریباً کامل است، قابل بحث و دفاع است چون تغییر در اساس کار، ماده یا فرآیند، کارآیی را افزایش می‌دهد اما با قیمت تمام شده‌ی بالا که برای مصرف کننده قابل قبول نیست. بحثی در مورد موازنه کارآیی و قیمت در یکی از فصلها مطرح خواهد

---

50 Leather flap-valve

51 مخترعین: Murray Spengler و William B. Hoover که نام شخص دوم هم‌اکنون تبدیل به کلمه‌ای در زبان انگلیسی شده است.(Hoover به معنی تمیز کردن با جارو برقی) مانند برخی کلمات اشخاص مشهور دیگر مثل stetson (به معنی نوعی کلاه) ازنام John B. Stetson ، Morse (به معنی کد مرس) از نام S.F.B. Morse ، باکلیت از نام Henrik Baikeland و Crapper ازنام Thomas Crapper (مخترع فلاش تانک).

52 End-caps

53 runners

54 Unit

55 Power density

56 Straight part of the suction tube

شد اما توجه کنید که یکی از تولید کنندگان موافق نیست. ایده‌ی کارکرد جاروی نشان داده شده در شکل ۱-۲ د کاملاً متفاوت است: یعنی جداسازی لَخت[۵۷] به جای فیلتر کردن. برای این کار، تـوان و سـرعت چـرخش باید بالا باشد و محصول، بزرگتر، سنگین‌تر و گران‌تر از سایر رقبا می‌شود. با این حال می‌فروشد – شاهدی به نفع طراحی صنعتی خوب و بازاریابی خلاقانه.

تمام اینها در طول یک نسل انسانی رخ داده است. طراحی رقابتی نیاز به استفاده بـدیع از مـواد نـو و اسـتفاده زیرکانه از خواص ویژه‌ی آنها – هم مهندسی و هم زیبایی شناسانه– دارد. بسیاری از تولید کنندگان جاروهای برقی نتوانستند نوآوری و بهره‌برداری داشته باشند و از میان رفتند. این فکر ناراحت‌کننده ما را برای فصل‌هایی که دنبال خواهیم کرد ، آماده می‌سازد. در آنها ما به نکته‌ای که آنها فراموش کردند، توجه می‌کنیم: استفاده ی بهینه از مواد در طراحی.

جدول ۱-۱ مقایسه قیمت، توان و وزن جاروها

قیمت تقریبی*	وزن (kg)	توان (W)	بیشترین مواد به کار رفته	نوع جارو و تاریخ ساخت
۳۸۰$-£۲۴۰	۱۰	۵۰	چوب، کرباس، چرم	جارو با نیروی دست[۵۸]، ۱۹۰۰
۱۵۰$-£۹۶	۶	۳۰۰	فولاد کم‌کربن	سیلندری، ۱۹۵۰
۹۵$-£۶۰	۴	۸۰۰	ABS و پروپیلن قالبی[۵۹]	سیلندری، ۱۹۸۵
۳۰۰$-£۱۹۰	۶٫۳	۱۲۰۰	پروپیلن، پلی‌کربنات، ABS	Dyson، ۱۹۹۵

* این قیمت‌ها مربوط به سال ۱۹۹۸ هستند، تورم پس از آن را در نظر داشته باشید.

۱-۵ خلاصه‌ی مطالب و نتیجه گیری

تعداد مواد مهندسی بسیار زیاد است: ده‌ها هزار، با تخمینی محتاطانه. طراح از این لیست گسـترده بایـد تعـداد کمی از بهترین موارد بررسی شده را انتخاب کند. این کار، بدون راهنمایی کاری دشوار و پیشه ای تصـادفی و نامنظم است بنابراین همیشه وسوسه‌ی انتخاب مـاده‌ای کـه بـرای آن کـاربرد، "معمـول" اسـت وجـود دارد: بطری‌های شیشه‌ای یا قوطی‌های فولادی. این انتخاب مطمئنـاً انتخـابی محتاطانـه امـا مطمـئن اسـت ولـی فرصت نوآوری را از بین می‌برد. مواد مهندسی به سرعت در حال گسترش‌اند و گزینه‌ها از هـر زمـان دیگـری بیشترند. نمونه محصولاتی که در آنها یـک مـاده جدیـد بـازار فـروش را تسـخیر کـرده، ماننـد بطـری‌هـای پلاستیکی، قوطی‌های آلومینیومی، لنزهای عینک پلی‌کربناتی یا دسته‌های چوب گلف فیبـر کربنـی[۶۰]، بسـیار رایج‌اند. در مراحل اولیه‌ی طراحی یا طراحی مجدد، بررسی لیست کامـل مـواد اهمیـت بسـیاری دارد و هـیچ گزینه‌ای را نباید تنها به سبب ناآشنا بودن حذف کرد. این همان چیزی است که این کتاب به آن می‌پردازد.

۱-۶ منابع بیشتر برای مطالعه

تاریخ و سیر تکاملی مواد

[57] Inertial
[58] Hand powered
[59] molded
[60] carbon-fiber golf club shafts

A History of Technology (21 volumes), edited by Singer, C., Holmyard, E.J., Hall, A.R., Williams, T.I., and Hollister-Short, G. Oxford University Press (1954–2001) Oxford, UK. ISSN 0307–5451. *(A compilation of essays on aspects of technology, including materials.)*

Delmonte, J. (1985*) Origins of Materials and Processes*, Technomic Publishing Company,Pennsylvania, USA. ISBN 87762-420-8. *(A compendium of information on when materials were first used, any by whom.)*

Dowson, D. (1998) *History of Tribology*, Professional Engineering Publishing Ltd., London, UK. ISBN 1-86058-070-X. *(A monumental work detailing the history of devices limited by friction and wear, and the development of an understanding of these phenomena.)*

Emsley, J. (1998*), Molecules at an Exhibition*, Oxford University Press, Oxford, UK. ISBN 0-19-286206-5. *(Popular science writing at its best: intelligible, accurate, simple and clear. The book is exceptional for its range. The message is that molecules, often meaning materials, influence our health, our lives, the things we make and the things we use.)*

Michaelis, R.R. (1992) editor *"Gold: art, science and technology"*, and ''Focus on gold'', Interdisciplinary Science Reviews, volume 17 numbers 3 and 4. ISSN 0308–0188. *(A comprehensive survey of the history, mystique, associations and uses of gold.)*

The Encyclopaedia Britannica, 11th edition (1910). The Encyclopaedia Britannica Company, New York, USA. *(Connoisseurs will tell you that in its 11th edition the Encyclopaedia Britannica reached a peak of excellence which has not since been equalled, though subsequent editions are still usable.)*

Tylecoate, R.F. (1992) *A History of Metallurgy*, 2nd edition, The Institute of Materials, London, UK. ISBN 0-904357-066. *(A total-immersion course in the history of the extraction and use of metals from 6000BC to 1976, told by an author with forensic talent and love of detail.)*

و در مورد جاروبرقی‌ها

And on vacuum cleaners

Forty, A. (1986) *Objects of Desire—design in society since 1750*, Thames and Hudson, London, UK, p. 174 et seq. ISBN 0-500-27412-6. *(A refreshing survey of the design history of printed fabrics, domestic products, office equipment and transport system. The book is mercifully free of eulogies about designers, and focuses on what industrial design does, rather than who did it. The black and white illustrations are disappointing, mostly drawn from the late 19th or early 20th centuries, with few examples of contemporary design.)*