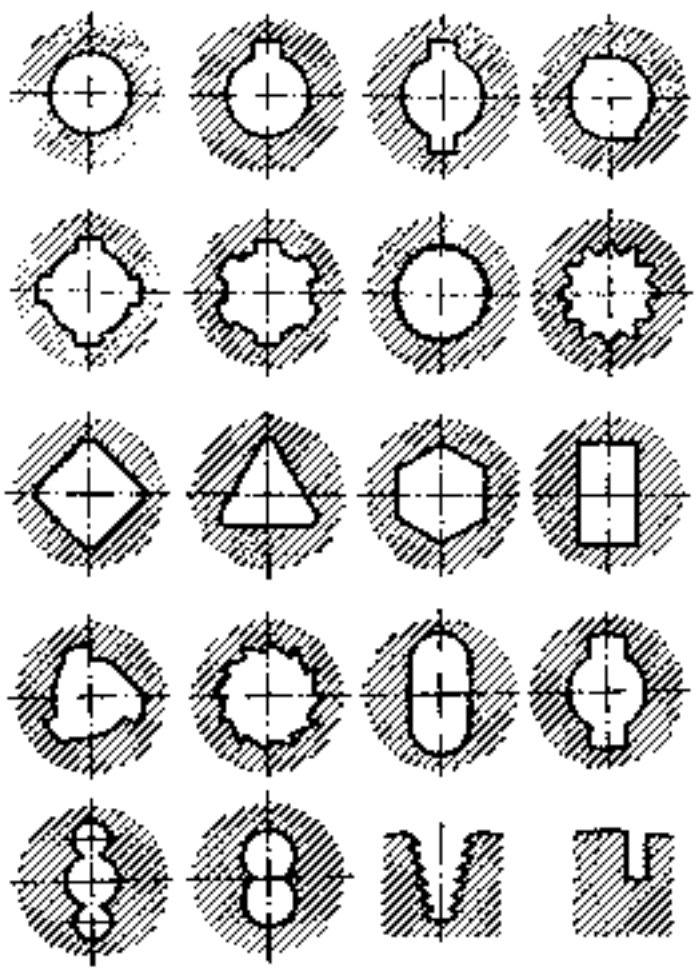
برای شکل مقطع سوزن‌های خان‌کشی محدودیت چندانی نمی‌تواند وجود داشته باشد (با توجه به شکل‌های (۱۷ ــ ۸) که نمودار این واقعیت میباشند) و به هنگام اجرای عملیات خان‌کشی داخلی، لازمست قبلاً کار را با عمل مته‌کاری یا روش مناسب دیگری سوراخ کنندتابتوانندسوزن‌ـ خان‌کشی را از میان آن عبور دهند. لازم به توضیح است که ممکن است سوراخ گذاشتن تیغه ـ خان‌کشی از کار را در قطعات ریخته‌گری شده با ماهیچه‌گذاری ایجاد کرده باشند و در موقع ماشینکاری با دستگاههای فلزتراش فوق نیازی به سوراخکاری نباشد.

چنانچه ماشین قدرت کافی را داشته و ابزار هم از استحکام خوبی برخوردار باشد، با ایجاد حرکت نسبی ساده‌ای بین کار و ابزار، در شرایطی که قطعه کار را نگهدارندهٔ مخصوصی محکم در بر گرفته است، خان‌کشی اجراء می‌شود و چون عملیات خان‌کشی همراه با اصطکاک زیاد و در نتیجه تولید گرمای بالائی میباشند، لازم است از مایعات و روغن‌های خنک‌کاری مناسبی هم استفاده کنند تا مخصوصاً به سوزن‌های خان‌کشی گران قیمت صدمه‌ای نرسد.



(شکل ۱۷ــ۸) ــ نمونه‌هائی از شکل‌های خان‌کشی‌شده

ساختمان و طرز عمل دندانه‌های سوزن‌های خان‌کشی

ساختمان عمومی ابزارهای خان‌کشی که در اصطلاحات کارگاهی به آن «سوزن خان‌کشی» میگویند، طوری است که دندانه‌هایشان میبایست تدریجاً تغییر ابعاد دهند، گامشان ثابت باقی مانده ولی ارتفاع براده برداریشان روی روال صحیحی متغیّر باشد، به نحوی که در انتهای تیغ، بزرگی و

فرم پروفیل مورد نظر را پیدا کنند. (شکل ۱۸ ــ ۸ در صفحات بعد. شیبدار بودن دندانه‌های برنده ابزارهای خان‌کشی را نشان میدهد).

با بررسی وضع ظاهری هر سوزن خان‌کشی قسمت‌های متمایز زیر بر روی آن به چشم میخورد که عبارتند از:

(۱) ــ ساقه (**Shank**): که این قسمت را جهت بستن تیغه به کشوی، کشش ماشین در آن بوجود آورده‌اند.

(۲) ــ راهنمای جلوئی (**Front Pilot**): این بخش از تیغه میبایست قطر مناسبی را برای عبور آزاد از سوراخ تعبیه شده از قبل در کار را دارا باشد و میزان لقی آن نباید به اندازه‌ای باشد که اعواج یا کج شدن مسیر تراش را سبب شود. با مراجعه به جدول انطباقات، اندازه دقیق این ناحیه قابل تعیین شدن میباشد.

(۳) ــ دندانه‌های برنده (**Cutting Teeth**): که بنوبه خود از دو بخش مجزّای «خشن تراش» و «نیمه پرداخت تراش» تشکیل گردیده است.

(۴) ــ دندانه‌های تراش نهائی (**Finishing Teeth**): که در این قسمت اختلاف ارتفاع فاحشی در بین دندانه‌های سوزن خان‌کشی مشاهده نمی‌گردد و ضمناً تعداد دندانه‌های بخش تراشنده نهائی چند عدد هم بیشتر نخواهند بود.

(۵) ــ راهنمای انتهائی (**Rear Pilot**): قسمتی از ابزار خان‌کشی محسوب می‌شود که وظیفه‌اش آرام گذاردن سوزن، در پایان برادهبرداری میباشد.

(۶) ــ دنباله یا زائده انتهائی (**Follow Rest**): که ناحیه‌ای خواهد بود برای متصل ساختن ابزار خان‌کشی به مکانیزم ایجاد کنندهٔ حرکت اصلی کششی یا هل دادنی ماشین خان‌کشی.

اختلاف ارتفاع دو دونده پی در پی در طولی از تیغ که دندانه‌های برنده دارد، تقریباً از .۰/۱۲ mm الی .۰/۰۲ mm است، لیکن در قسمت دوّم تیغ که معمولاً چهار تا شش دندانه در آن بوجود آمده، تفاوت ارتفاع محسوسی ندارند. قسمت گیرنده سوزن، همانطور که در فوق بدان اشاره شد، معمولاً با ضربه ملایمی میبایست در داخل سوراخ کار جا بیفتد و خود عاملی میشود برای هم مرکز نگهداشته شدن کار و ابزار خان‌کشی، و برای جلوگیری از تغییر فرم نابجای سوزن‌های خان‌کشی بلند. قسمت انتهای آنها را لازم است یاتاقان‌بندی کنند.

دندانه‌های تراش‌نهائی، همانند «شابره» عمل می‌کنند و ضخامت یا کلفتی برادههای تولیدشان در حدود .۰/۰۰۳ mm برای مواد سخت .۰/۰۰۸mm برای مواد نرم خواهد بود. ابعاد سوزن‌های خان‌کشی کاملاً به نوع کار و طرز عمل ماشین آن بستگی دارد و مسلماً متناسب با بزرگ شدن ابزار از لحاظ قطر. ماشین‌های خان‌کشی نیرومندتری هم میبایست برای

بکاربردنشان اختیار گردد.

طول سوزن‌ها یا ابزارهای خان‌کشی نیز به نوع کار ارجاعی برای ساخته شدن با این روش ماشینکاری وابسته است و ممکن است تا ۲۰۰۰میلیمترهم برسد و البته میبایست ماشین از لحاظ طول کورس ماکزیممش با اندازه ابزار مورد نظر هماهنگی داشته باشد. در ابزارهای خان‌کشی هم، مشابه تیغه ارّه‌ها، در فضای خالی بین دندانه‌ها با دادن شعاع انحنای مناسبی به پشت لبه‌های برنده، موجباتی را فراهم میسازند که برادّه‌های تولیدی راحت‌تر خارج شده و یا گیر کردنشان مرغوبیت سطح تراش را کم نکنند و ضمناً در ابزارهای خان‌کشی با طرح مناسب، گام دنده‌ها را خیلی زیاد انتخاب نمی‌کنند و در بسیاری موارد امکان دارد در آنها، در هر لحظه دو یا سه دنده بطور همزمان با کار درگیر شده باشند.

جنس ابزارهای خان‌کشی

جنس سوزن‌های خان‌کشی را از بهترین انواع فولادهای قابل آبکاری انتخاب می‌کنند و نیز امکان دارد برای این منظور از فولادهای تندبر .H.S.S (علامت اختصاری واژه‌های انگلیسی High Speed Steel به مفهوم فولاد تندبر یا سریع میباشد) که جزو آلیاژهای بسیار سخت فولاد میباشند و در آنها عناصر سخت کننده‌ای مانند: تنگستن (یا ولفرام)، مولیبدون، کرم، وانادیم و غیره وجود دارد و همچنین «کربورهای سخت یا الماسه‌ها مانند کربور تنگستن» استفاده کنند.

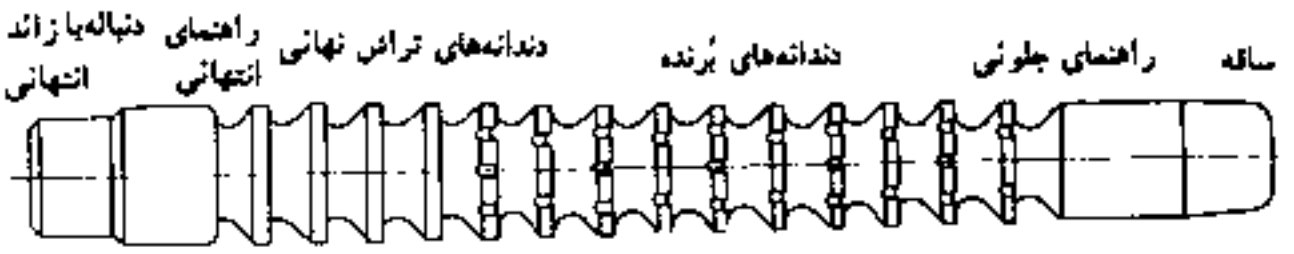
در پاره‌ای از تیغه‌های خان‌کشی، تمامی ابزار دارای جنس یکنواختی میباشد و حال آنکه مواردی هم وجود دارد که دندانه‌های قابل تعویض آن را سخت‌تر اختیار کرده و بدنه سوزن را نیز از فولاد مناسبی در نظر می‌گیرند تا در صورتی که در حین کار به چند دنده صدمه رسیده بباشد، فقط اقدام به تعویض دندانه‌های معیوب بکنند.

معمولاً پس از آنکه تیغه‌های خان‌کشی را ساختند میبایستی با روشی مناسب اقدام به آبکاری آنها کنند به نحوی که تغییر شکل‌های نامطلوبی در آن بوجود نیاید و برای افزایش دوامشان با قشر یا فیلم نازکی از فلز کرم که با عمل «آب کرم کاری»آن را بر روی ابزار می‌نشانند به این خواسته میرسند. نیترور کردن سطحی یا اصطلاحاً آبدادن و سخت کردن با مواد مولّد نیتروژن یا ازت نوزاد یا تک اتمی که میل ترکیبی زیادتری را نسبت به ازت معمولی داراست از جمله اقداماتی است برای ازدیاد کارآئی تیغه‌های خان‌کشی، و برای این کار از سیانورهای مناسبی استفاده می‌کنند.

در ضمن باید دانست که هر قدر هم، جنس ابزارهای خان‌کشی را از بهترین مواد افزارسازی انتخاب کنند، باز هم فرسایش و کُند شدن برای دندانه‌هایش وجود دارد و روی همین اصل است که در کارخانجاتی که دارای ماشین‌های خان‌کشی متعددی هستند، در بخش

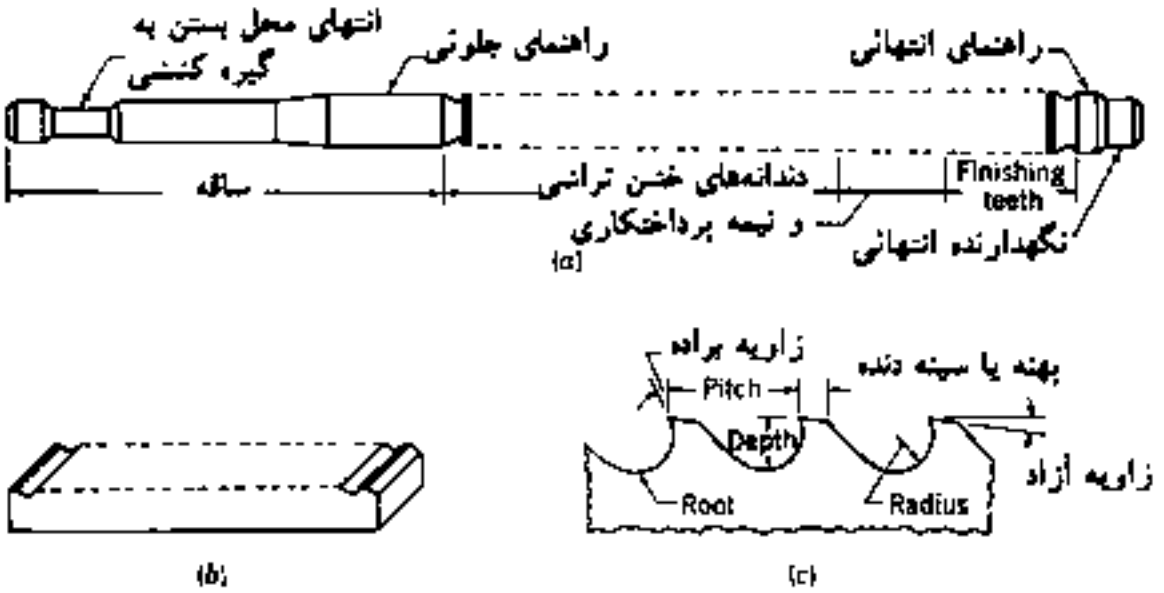
ابزارسازی کارخانه، ماشینهای سنگ‌زنی مخصوصی بنام «ماشین سنگ‌زنی سوزن خان‌کشی Broach Grinder Machine» در مجاورت سایر ماشین آلات برای مرمّت و اصلاح تیغه‌های گرانقیمت اینگونه دستگاههای فلزتراش نصب می‌کنند.

لبه‌های برنده ابزارهای خان‌کشی بعلت دارا بودن سختی زیاد، با تُردی و شکنندگی همراه میباشند و بعلت حساس بودنشان در برابر ضربات، نبایستی صدمه‌ای بدانها رسانیده شود و یا با قطعات سخت تماس حاصل کنند و در مواردی که روی دستگاه نباشند برای نگهداری صحیح در کارگاه، لازم است آنها را روی قطعات چوبین یا نمد قرار دهند.



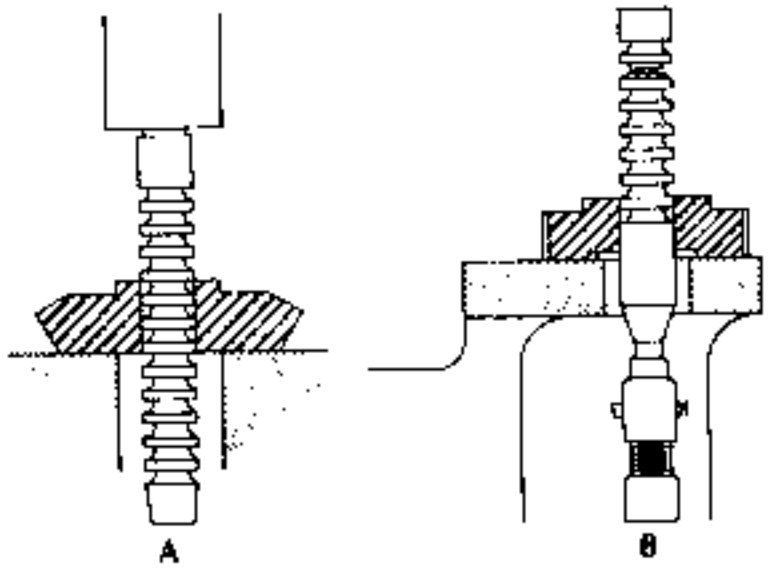
(شکل ۱۸ ــ ۸) شکل شماتیکی ساده‌ای از یک ابزار یا سوزن خان کشی نوع «هُل دادنی»

(توجه: ۶ قسمتی که در متن درس برای بخش‌های متمایز آن بیان گردیده بود، بر روی این شکل هم نشان داده شده‌اند).

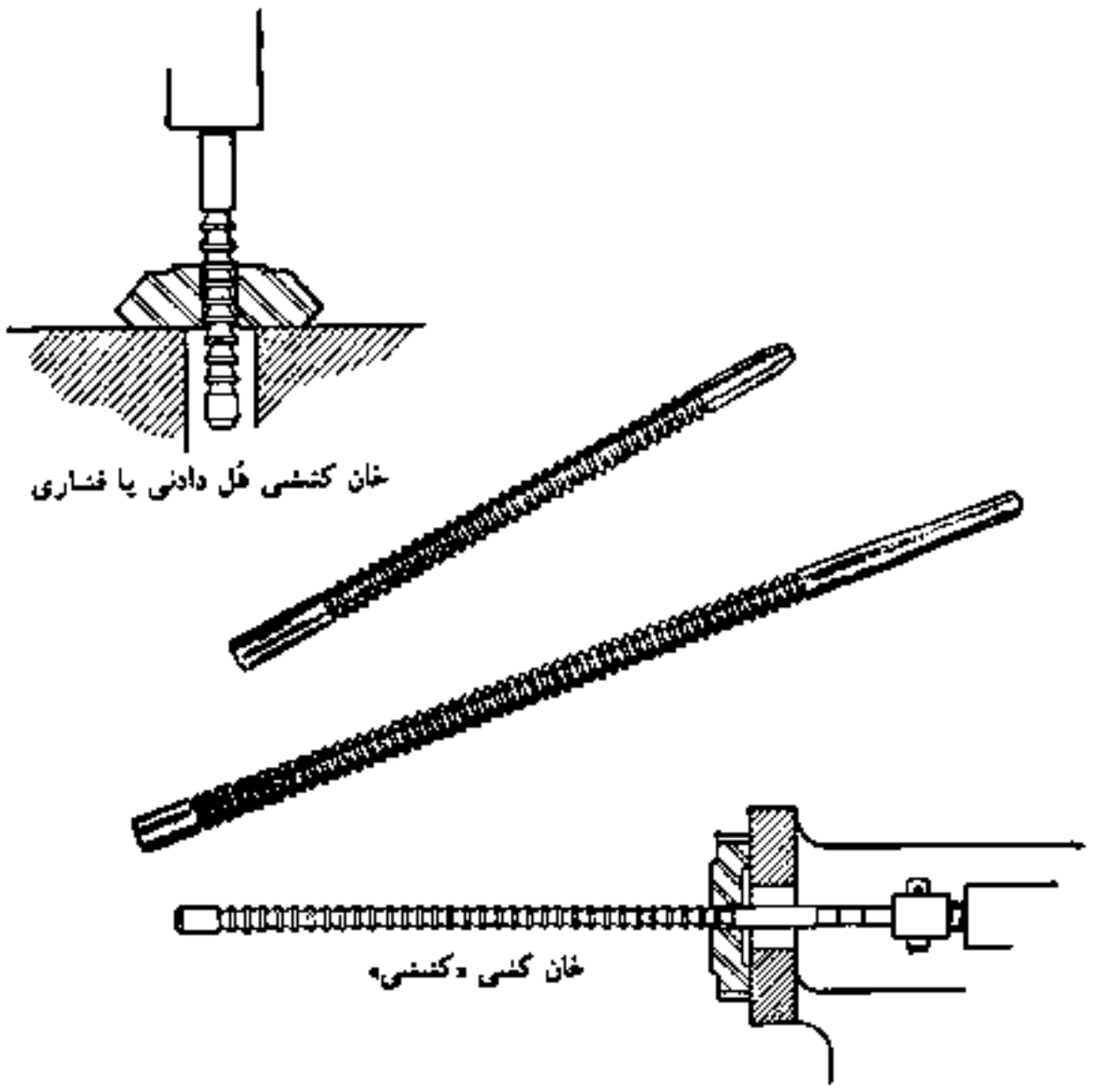


(شکل ۱۹ ــ ۸) شکل‌های نمایشگر قسمت‌های مختلف تیغه خان کشی و پروفیل دندانه‌های آن‌ها:

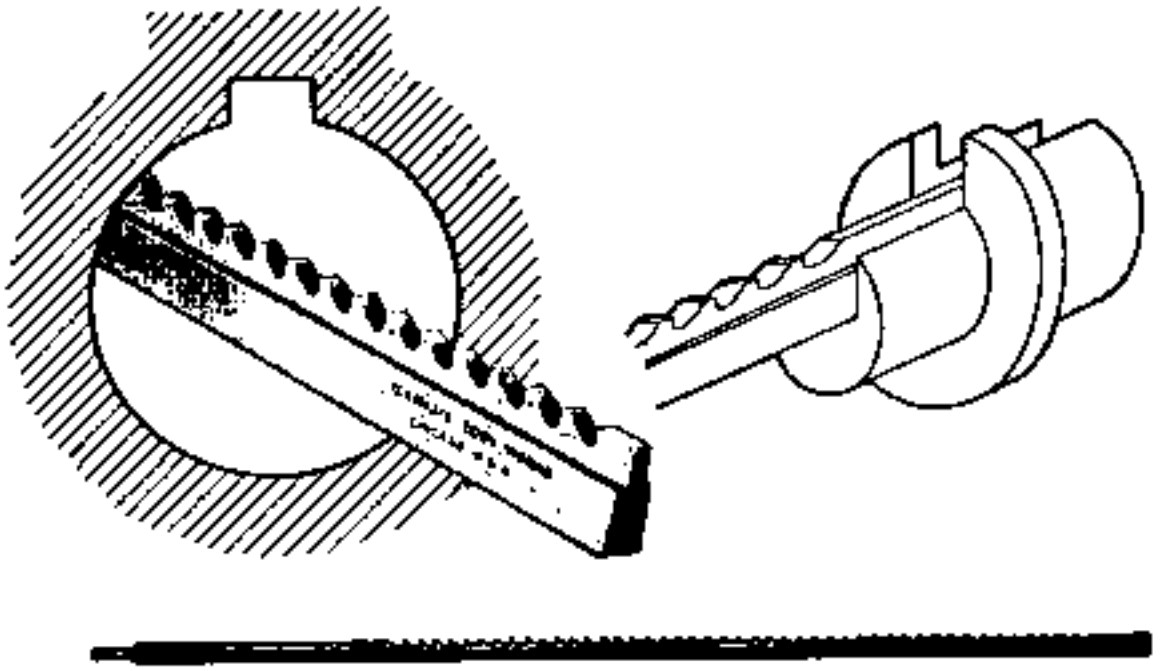
(a) ــ در بالا، بخش‌های طولی سوزن خان کشی.
(b) ــ در پائین و سمت چپ، تیغه خان کشی سطوح خارجی قطعات کار.
(c) ــ در پائین و سمت راست، مقطع بزرگ شده دندانه‌های سوزن خان کشی.



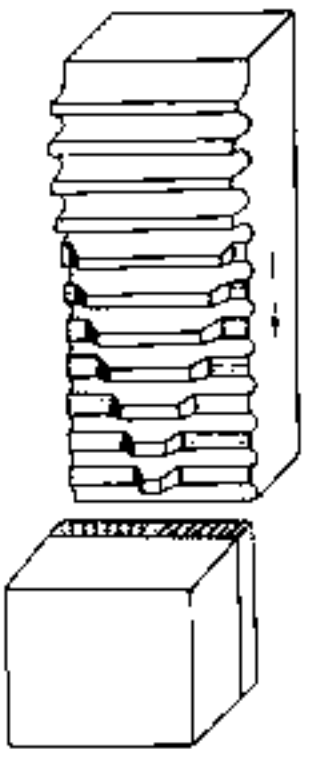
(شکل ۲۰ ــ ۸) شکل‌های دو طرح کلّی سوزن‌های خان کنی از نظر نحوه اعمال نیروی هم راستای حرکت اصلی آن:
(B) سمت راست (خان کنی، کششی) (A) سمت چپ (خان کنی، هُل دادنی).



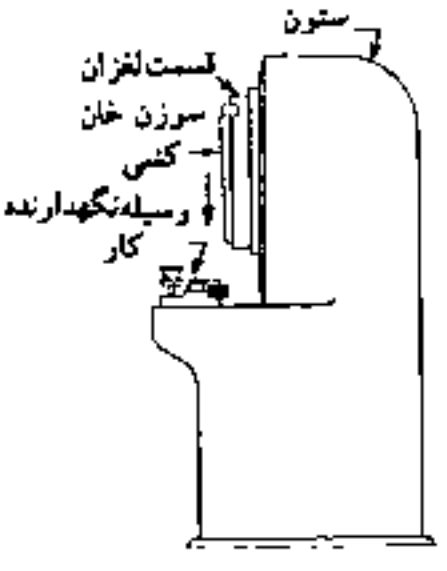
(شکل ۲۱ ــ ۸) تیغه‌ها یا سوزن‌های خان کنی با مقطع «گرد» برای ماشین‌های خان کنی «کششی» و «هُل دادنی».



(شکل ۲۲ ــ ۸) شکل‌های شماتیکی مربوط به نحوه ساختن تیغه «جاخاره» در قطعات کار با عمل خان کنی، که میتواند خان کنی «داخلی» و یا «خارجی» باشد.



(شکل ۲۳ ــ ۸) طرز عمل یک تیغه خان کنی
سطوح خارجی قطعات کاردر ماشین‌خان‌کنی عمودی.



(شکل ۲۴ ــ ۸) اساس ساختمان و نیز نمایش جهت حرکت اصلی برشی در ماشین‌های «خان کنی عمودی» و برای سطوح خارجی کار.

اطلاعات فنّی مورد نیاز برای طراحی و ساخت «ابزارهای خان کشی»

برای ساختن ابزارهای گران قیمت و در عین حال پیچیدهٔ خان کشی، معمولاً به یک سری اطلاعات و یا معلومات و داده‌های فنی، جهت طراحی دقیق شکل مقطع و نیز فرم دندانه‌های آن دارند و برای این منظور مشخصات زیر میبایست شناخته شده باشند:

۱ ــ نوع و جنس ماده‌ای که قراراست خان کشی شود.
۲ ــ اندازه و شکل مقطعی که لازم است خان کشی گردد.
۳ ــ کیفیت صافی سطوح مورد نظر
۴ ــ سختی ماده در حال ماشینکاری شدن.
۵ ــ مقدار تلرانس مجاز برای ساخت قطعه کار.
۶ ــ تعداد قطعاتی که میبایست با روش خان کشی تولید گردند.
۷ ــ نوع ماشینی که ابزار ساخته شده را بکار خواهد برد.
۸ ــ طریقه نگهداشته شدن یا بسته شدن دنباله‌های سوزن خان کشی به ماشین مربوطه.
۹ ــ مقدار فشار قابل تحمل، که منجر به شکستن و یا صدمه دیدن آن نشود.

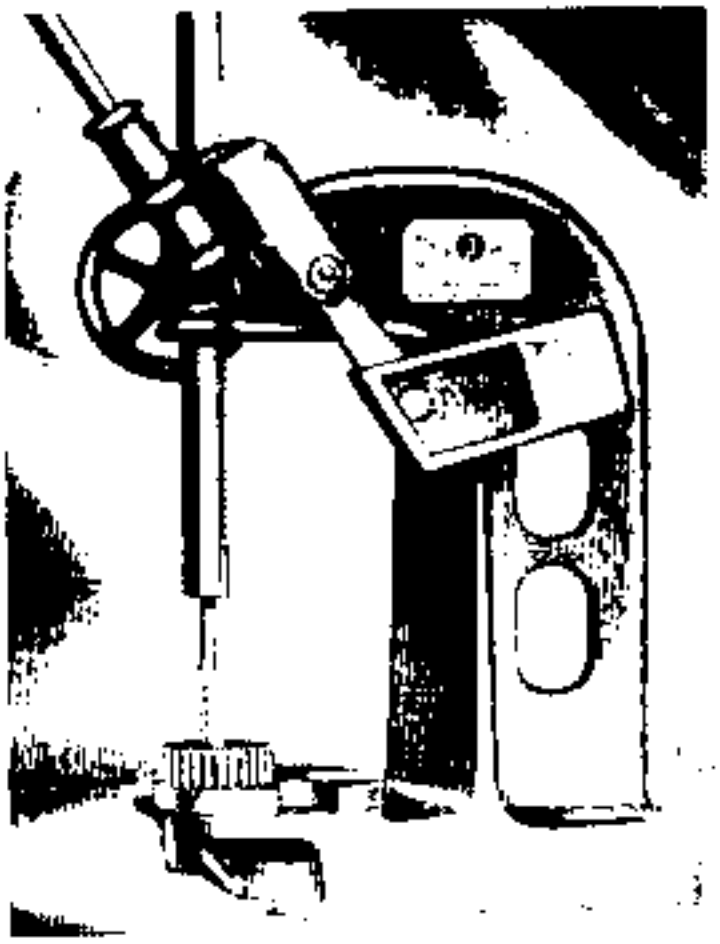
یاد آوری نکاتی‌که میبایست در بکارگیری صحیح ابزارها و ماشین‌های خان کشی رعایت کنند

با توجه به شرحی که در مورد ساختمان عمومی ماشین‌های خان‌کشی و ابزارهای مخصوص آنها بیان شد، ذکر نکات زیر برای بدست آمدن نتایج مطلوب ضروری بنظر میرسد:

برای اجرای عمل خان کشی، ابتدا قطعه کار را چنانچه فاقد سوراخ لازمه برای عبور دادن سوزن خان کشی باید، دقیقاً سوراخ گیری کرده و با مته مناسب سوراخ می‌کنند و در صورت ضرورت برای ایجاد اندازه‌ای که لقی متناسب را برای قسمت‌های راهنمای آن بوجود آورد، ممکن است با ابزار دیگری مثلاً بر قو، این عمل را تکمیل کنند. زیرا همانطور که متذکر شدیم عدم رعایت همین نکته، موجبات انحراف مسیر را برای سوزن خان کشی سبب خواهد شد.

قطعاتی که هدف از ماشینکاریشان، خان کشی کردن سطوح خارجیشان باشد را در قالب‌های مخصوصی بسته و محکم می‌کنند و لازم است قبل از شروع عملیات براده برداری با این ماشین‌ها، یکی دیگر از سطوح آن که بعنوان مأخذ و مبدأ مورد توجه قرار می‌گیرد، با یک روش براده‌برداری دقیق، تراشیده و صافکاری شده باشند. انتخاب مقدار سرعت برش هم از نکات حائز اهمیّت بشمار میرود، زیرا سرعت نسبی تنظیم نشده خیلی زود می‌تواند باعث صدمه رسانیدن به ابزار شود و حدوداً $\frac{m}{min}$ ۱ تا ۱۵ متر بر دقیقه خواهد بود، مسلماً سرعت برش‌های بالاتر مختصّ حالاتی است که حجم براده‌برداری کمتر و تراش سبک‌تر باشد.

معمولاً سرعت برش برای خان کشی فولادهای معمولی $\frac{m}{min}$ ۱ تا ۲ و مقادیر بیشتر برای خان کشی قطعات برنجی، برنزی و بطور کلی آلیاژهای نرم‌تر انتخاب خواهد شد و ضمناً در عملیات خان‌کشی جریان مداومی از مایعات خنک کاری ناحیه برادەبرداری و مخصوصاً ابزار کار را خنک می‌کند و اصطکاک را نیز تقلیل داده و براده‌های حاصله را شسته و از محل دور میسازد.



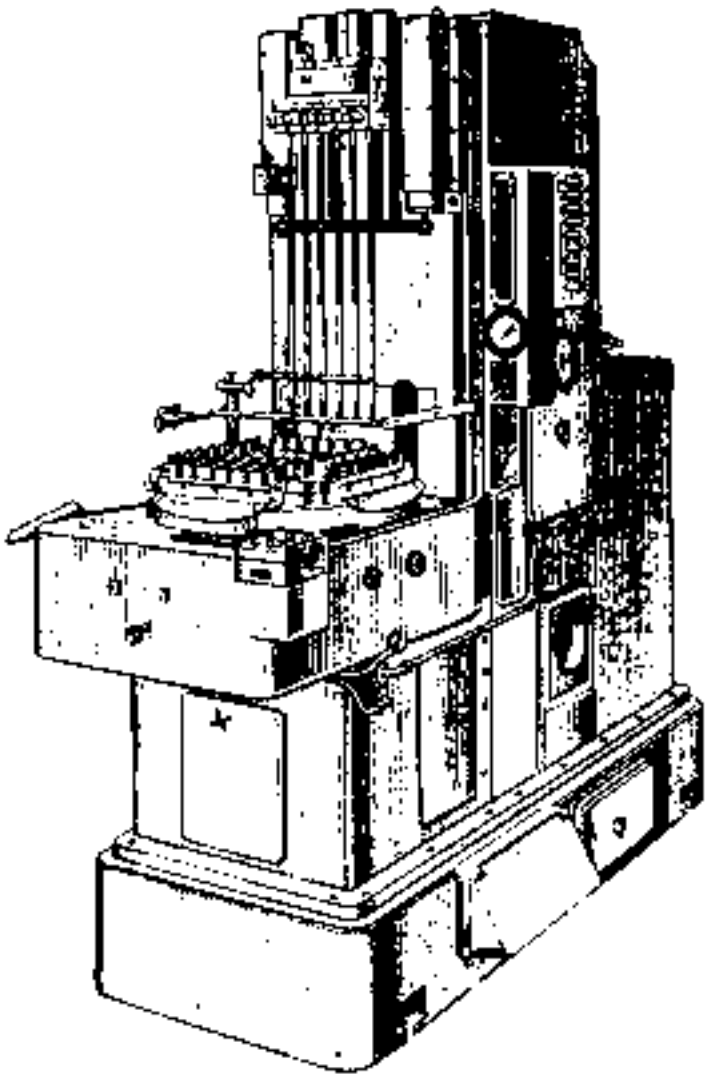
(شکل ۲۵ ــ ۸) خان کشی «جاخار» در یک جرخدنده یکمک برس دستی مکانیکی، که همانند یک ماشین ساده خان کشی عمودی و داخلی عمل می‌کند.

انواع ماشین‌های خان کشی Types Of Broaching Machines

با توجه به شرحی که درباره اصول اجرای خان کشی، ابزارهای خان کشی و کاربردهای روز افزونش در صنایع ماشین‌سازی بیان شد، همانند سایر ماشین‌های ابزار اختصاصی برای آن گونه‌های متنوعی بوجود آمده است و برای اختصار در اینجا فقط دو نوع کلی‌تر از آن‌ها را که تقسیم‌بندیشان مبتنی بر جهت حرکت دادن سوزن یا ابزار آن (از لحاظ افقی و عمودی بودن) میباشد، تشریح میگردند که عبارتند از:

الف ــ ماشین‌های خان کشی عمودی: این گونه ماشینهای خان کشی میتوانندبرای فلز ــ

تراشی سطوح خارجی و یا داخلی قطعات کار و با روش‌های «کشش» یا «رانش» بکار گرفته شوند و در مواردی هم ممکن است بجای یک ابزار براده برداری، بطور همزمان دو یا چند سوزن خان کشی را بکار برند (مانند «شکل ۲۶ ــ ۸» که نشان دهنده ماشین خان کشی عمودی چند سوزنه میباشد). در انواع مدرن‌تر شده و کاملاً جدید ماشین‌های فوق‌الذکر، بسیاری از عملیات مانند: بارگیری، بستن و باز کردن ابزارهای خان کشی و تخلیه ماشین از قطعات کار بانمام رسیده، تمام اتوماتیک گردیده‌اند و روی همین اصل است که کاربردهای وسیعی را در سری سازی کسب کرده‌اند (شکل ۲۴ ــ ۸) نیز اساس ساختمان ماشین خان‌کشی عمودی را نشان میدهد.



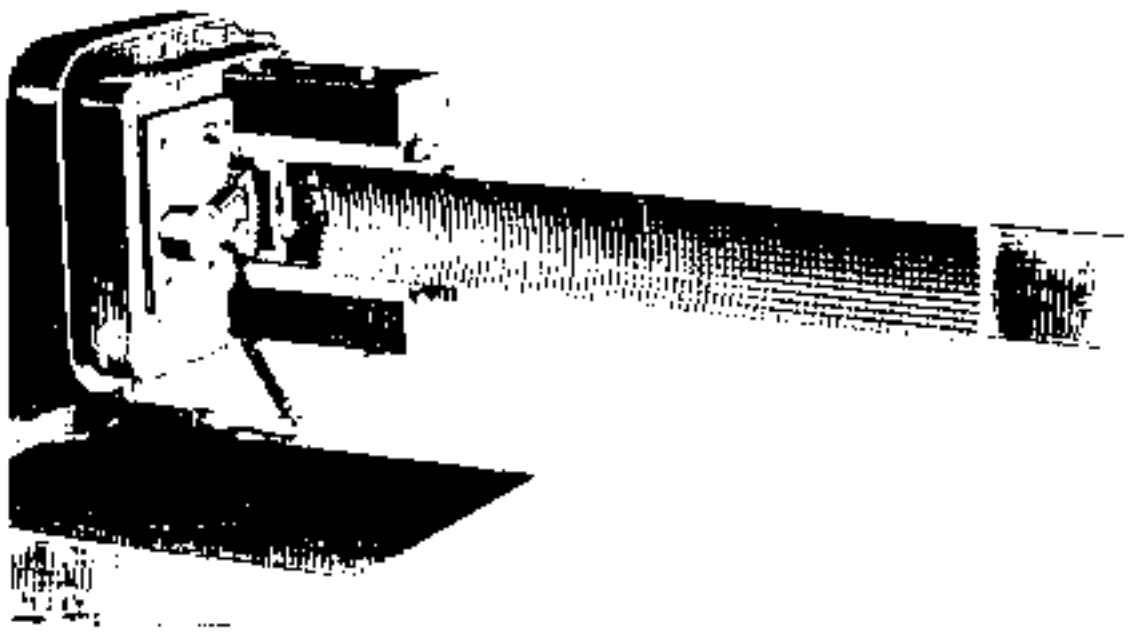
(شکل ۲۶ ــ ۸) نمای ظاهری یک نوع ماشین خان کشی هیدرولیکی عمودی و «چند سوزنه»

ب ــ ماشین‌های خان کشی افقی: اگر چه اغلب ماشین‌های خان کشی افقی برای ماشینکاری سطوح خارجی کاربرد دارند ولی عموماً امکانات اجرای خان کشی‌های داخلی برای قطعات با اندازه متوسط هم برایشان فراهم میباشد. در شکل (۲۸ ــ ۸) نمائی دیاگرامی برای تفهیم اساس ساختمان و طرز عمل آن‌ها نشان داده شده است و آنرا در حال مورد استفاده قرار گرفتن جهت «خان کشی سطوح افقی و خارجی» نمایان میسازد. پیستون هیدرولیکی که دنباله

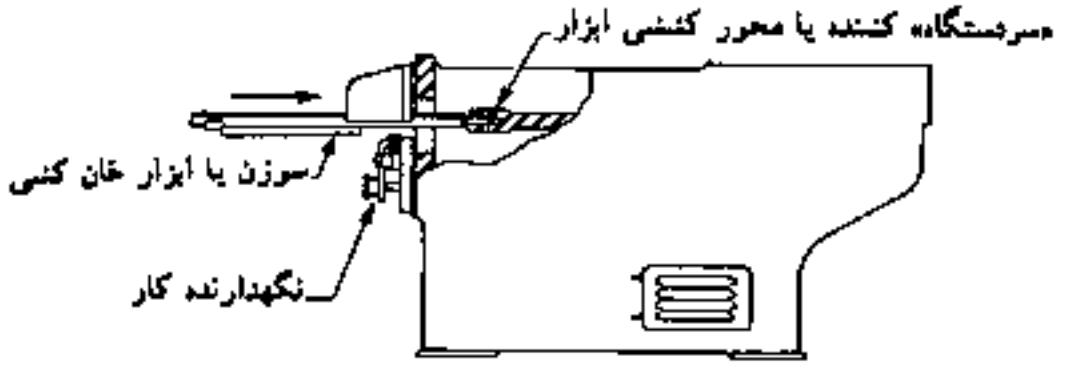
دسته‌اش، ابزار مربوطه را از چپ به راست خواهد «کشید» و پیستون مورد بحث در سمت راست ماشین نصب شده است و لذا خان‌کشی از نوع «کششی یا کشیدنی افقی» بشمار می‌آید.

برای خان‌کشی‌های داخلی، انتهای ساقه سوزن یا ابزار کار، پس از آنکه از سوراخ قطعه کار عبور کرد، با دست پیچ‌های گیره محکم کننده‌اش میبایست سفت شوند و آنگاه به سوزن خان‌کشی، حرکتی از نوع کششی و از سوی چپ به راست بدهند. نمونه‌ای از کارهائی که میتوان بکمک چنین ماشین‌هائی به آن‌ها شکل داد، ساختن یک «قوس دایره دندانه‌دار شده» میباشد و یا بعبارت دیگر، ایجاد کردن دندانه‌هائی همانند چرخدنده‌های ساده معمولی بر روی قطعه‌ایست که محیط آن را قوسی از دایره بوجود آورده است مانند (شکل ۲۷ ــ ۸).

با ماشین مزبور توانسته‌اند در حالتی که عمق برادەبرداری‌در حدود ۵ میلیمتر بوده است در مدت یک ساعت، تعداد ۱۸۰ عدد قوس دندانه دار شده را خان کشی کنند. از جمله کارهائی که بر

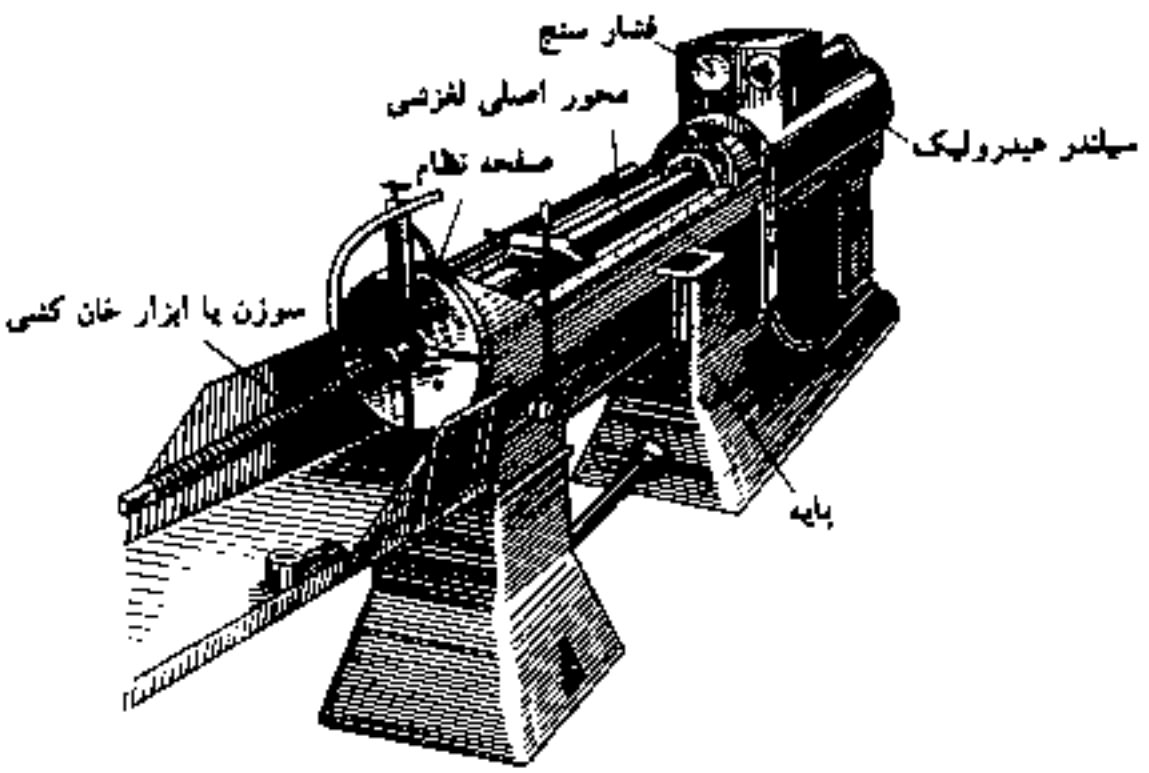


(شکل ۲۷ ــ ۸) نحوه ساختن «قوس دایره دندانه دار شده» با ماشین خان کشی افقی سطوح خارجی بوسیله یک سوزن یا ابزار خان کشی مخصوص که برای همین کار خاص طراحی گردیده است.



(شکل ۲۸ ــ ۸) شکل دیاگرامی ساده‌ای از «ماشین خان‌کشی افقی»

روی نوع ویژه‌ای از ماشین‌های خان کشی افقی قابل اجراست، بوجود آوردن شیارهای مارپیچی در داخل لوله‌های سلاح‌هائی نظیر تفنگ‌ها و توپ‌های سبک است و بایستی مکانیزمی در ماشین بکار گرفته شده باشد که با ترکیب یک «حرکت کششی» و یک «حرکت چرخشی» شیاری «مارپیچی شکل» را در درون کار، ماشینکاری خان‌کشی کند.



(شکل ۲۹ ــ ۸) شکل شماتیکی نشان دهنده نمای ظاهری قسمت‌های مختلف یک نوع ماشین خان‌کشی افقی و سوزن یا ابزار خان‌کشی مرتبط به آن.

فصل نهم

«ماشین‌های مخصوص تولید چرخدنده‌ها»
"Special types of Gear Production Machines"

بررسی اهمیت چرخدنده‌ها در صنعت و مراحل تولید و ساخت آن‌ها

چرخدنده‌ها جزو مهم‌ترین اجزاء ماشین محسوب می‌گردند و کمتر مکانیزم و ماشین و دستگاه صنعتی وجود دارد که به گونه‌ای در آن تعدادی از انواع چرخدنده‌ها بکار گرفته نشده باشد. اهمیت چرخدنده‌ها در صنایع و ماشین‌سازی از آنجا مشهود میگردد که اصولاً چرخدنده را «نشانه یا سمبل صنعت» میدانند و در اکثر آرم‌های فنّی، بنحوی شکل چرخدنده را می‌گنجانند.

چرخدنده‌های مختلف برای آنکه بتوانند نقش خود را بخوبی بعنوان اجزاء ماشین حساس و دقیق ایفاء کنند معمولاً در مواردی که قرار باشد توان یا قدرت بالائی را انتقال دهند. بطور کلّی سیستم تولیدشان میبایست مراحل زیر را طی کند که عبارتند از:

۱ ــ انجام محاسبات پارامترهای مهّم هندسی آن بکمک فرمول‌ها و روابطی که برای یکایک آن‌ها وجود دارد و میتواند بر مبنای سیستم متریک (دنده‌های مدولی و میلیمتری) و یا سیستم اینچی (که در آن گام دنده روی دایره گام «سیر کولار پیچ Circular Pitch» نام دارد و مسلماً برحسب اینچ اندازه‌گیری می‌شود، با مراجعه به مطالب ذکر شده در این مورد در کتابهای حساب فنی) باشد و سپس تهیه نقشه‌های کارگاهی برای ساختن چرخدنده مورد نظر.

۲ ــ انتخاب جنس و ماده مناسب برای تولید چرخدنده از آن، زیرا عدم انتخاب صحیح از این لحاظ، فرسایش و استهلاک بی‌موقع و زودرس دنده‌ها را بدنبال خواهد داشت.

۳ ــ بکارگیری روشی مناسب برای تراشیدن چرخدنده (که در این فصل از کتاب، به شرح اختصاری پاره‌ای از روش‌های معمولی و صنعتی‌تر از نظر جنبه‌های اقتصادی تولید، خواهیم پرداخت). لازم بیادآوریست که ممکن است چرخدنده‌ها را با روشهای غیر براده برداری مانند: پرسی(بریدن چرخدنده از ورق)، ریخته‌گری معمولی، ریخته‌گری تزریقی و غیره نیز برای مصارف خاصش تهیه کنند.

۴ ــ اتمام عملیات نهائی براده برداری با ابزارهائی مانند «اصلاح کننده‌های چرخدنده‌ها Gear Shavers» و بکمک ماشین‌های ویژه‌ای که آنها را بکار می‌برد، که با این گونه دستگاهها، آثار فلزتراشی ابزارهائی نظیر تیغه فرزها را که صافی مطلوب را نمی‌توانند داشته باشند، محو

نموده و برای چرخدنده در قسمت‌هائی که میخواهد با دنده بعدی، درگیر شود همواری متناسب‌تری بوجود می‌آورند.

۵ ــ بکارگیری عملیات حرارتی، که معمولاً برای چرخدنده‌های ناقل قدرتهای بالا کاربرد دارد و سخت کردن دندانه‌های چرخدنده‌ها، که از نوع «سختی سطحی» خواهد بود، در این مرحله انجام گرفته و متعاقب آن، با سنگ زدن دندانه‌ها، سیکل تولید را بپایان میرسانند.

۶ ــ انجام آزمایشات لازمه روی چرخدنده‌های ساخته شده و بررسی انطباق آن‌ها با مقدار تلرانس‌های مجاز، و در نتیجه آماده شدن کامل دنده برای نصب شدن در محلی که باید بکار گرفته شود.

طریقه ساخت چرخدنده‌هائی نظیر: دنده‌های ساده، دنده‌های مارپیچ، دندهٔ شانه‌ای یا میله‌های دنده شده و نیز چرخدنده‌های مخروطی ساده، با استفاده از تیغه فرزهای دنده‌تراش معمولی و انتخاب ماشین‌های فرز عادی بعنوان دستگاههای فلزتراشی سازنده آن‌ها، چون قبلاً مورد بحث قرار گرفته، لذا در این بخش از کتاب فقط سه عنوان زیر تحت بررسی فنی مختصر قرار می‌گیرد:

۱ ــ دنده‌تراشی غَلْطِیْ با ماشین‌های فرز غلطکی.

۲ ــ چرخدنده تراشی کلّه‌زنی با ماشین‌های مخصوص کله‌زنی (رفت و آمدی) دنده‌تراش.

۳ ــ چرخدنده تراشی مخروطی با ماشین‌های مخصوص تولید چرخدنده‌های مخروطی نوع ساده یا لبه مستقیم و همچنین انواع چرخدنده‌های مخروطی و در عین حال مارپیچ.

ضمناً لازم به تذکّر است، در این بررسی محاسبات مربوطه را به بخش حساب فنی چرخدنده‌سازی محوّل می‌کنیم.

۱ ــ چرخدنده‌تراشی غَلْطِیْ "Gear Hobbing"

شرح کلّی تراش چرخدنده‌ها با روش غلطی و مشخصات عمومی ابزارهای آن‌ها:

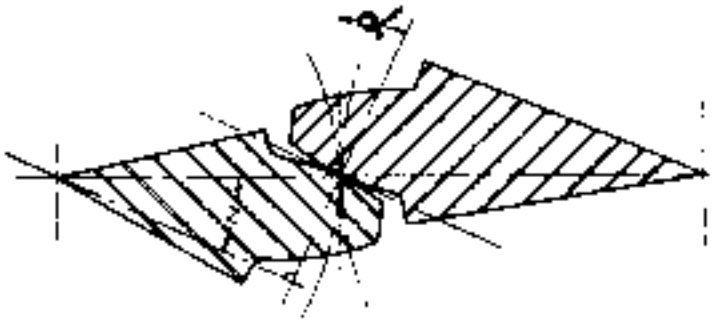
اصول تراش چرخدنده‌های مختلف با روش غلطی، بر این اصل استوار است که در آن‌ها قطعه کار حول محورش دارای حرکت دورانی با چرخشی متناسب از لحاظ تعداد دوران است و در همان حال ابزارهای کار که در این جا معمولاً شباهت به فرزهای حلزون تراش دارند و در زبان انگلیسی به آن‌ها Hob به مفهوم «ابزار قالب تراش یا ابزار تراشنده مارپیچی شکل» میگویند نیز دوّار میباشند و با حرکت کردن به سمت جلو در پیرامون قطعات کار با آن‌ها درگیر شده و تدریجاً دندانه‌هائی بفرم دلخواه در قطعه کار بوجود می‌آورند و اختلاف فاحشی که این طریقه با روش‌های عادی یا معمولی فرزکاری دارد آنست که دستگاه تقسیمی در سیستم ظاهری دنده‌سازی دیده نمی‌شود ولی تقسیم دنده بصورتی منظم در محیط کار انجام می‌گیرد. قطرهای دایره‌های گام قطعه

کار و ابزار تراش دنده با روش غلطکی و سرعت‌های نسبی دورانی آن‌ها از جمله عواملی هستند که بر مبنای محاسبات خاصّی که بطور دقیق مقادیرشان را مشخّص می‌سازند، دنده‌هائی در فواصل منظم برای کار ایجاد می‌کنند.

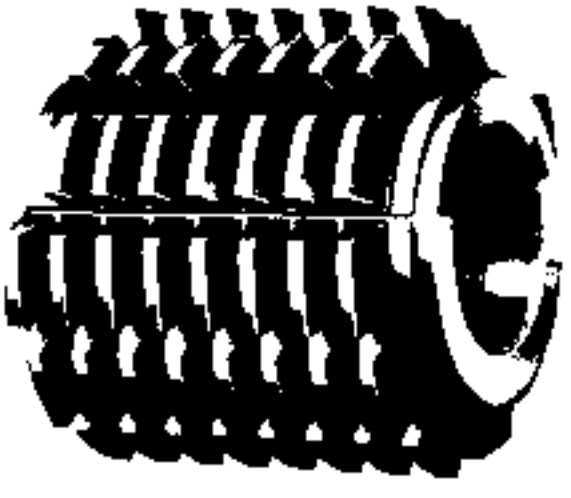
اکثراً ابزارهای دنده‌تراشی غلطکی را از نوع «با پروفیل اولونت و یک راهه» در نظر می‌گیرند و ساختمان آن‌ها (با توجه به شکل ۱ ــ ۹) طوریست که راههایش در امتداد طولی و بطور عمودی نسبت به زاویه شیب مارپیچ، توسط شیارهای فرزکاری شده قطع گردیده‌اند و بعلّت دارابودن تعدادی شیار، یک ردیف از دندانه‌های برنده نسبت به سطحی که قرار است برداده‌برداری شود، با مقطعی تقریباً ذوزنقه‌ای شکل بوجود می‌آورند. در واقع می‌توان فرض کرد که پروفیل اصلی اغلب ابزارهای تراش چرخدنده‌ها از طریق «غلتیدن» (در مورد نحوه نوشتن واژه غلطیدن یا غلتیدن به تذکّری که در چند سطر بعد داده شده است مراجعه فرمائید) همانند چرخدنده شانه‌ایست (که در کارگاههای معمولی، دنده شانه‌ای میلیمتری را چنانچه تیغه فرزهای «مدولی و دست ۸ نائی» موجود باشد همواره با نمره Nr:8 یا No:8 از مدول مفروض فرزکاری می‌کنند). مقدارزاویه فشاردنده‌ها که به‌آن زاویه شیب یک‌طرفه هم می‌گویند، اغلب به‌اندازه $\alpha = ۲۰^\circ$ می‌باشد. (در شکل ۲ ــ ۹هم با α این زاویه نشان داده شده است)و لازم به یادآوریست که روی بیشتر تیغه فرزهای معمولی دنده‌تراش هم مقدار زاویه مزبور را با علامت زاویه و نوشتن ۲۰° در کنار آن، جزو اطلاعات فنی مربوط به تیغه فرز دنده‌تراش قید می‌کنند.

در پاره‌ای از مصارف ویژه، زاویه فوق‌الذکر میتواند یکی از زوایای استاندارد شده زیر بعنوان زاویه فشار دنده‌ها باشد که عبارتند از: ۲۵° و $۲۲/۵^\circ$ و $۱۴/۵^\circ$ و گاهی اوقات هم ممکن است به $\alpha = ۳۰^\circ$برسد.

تذکّر: نکته‌ای که میبایست در اینجا متذکر گردیم اینست که: اصولاً چون کلمه «غلطیدن»

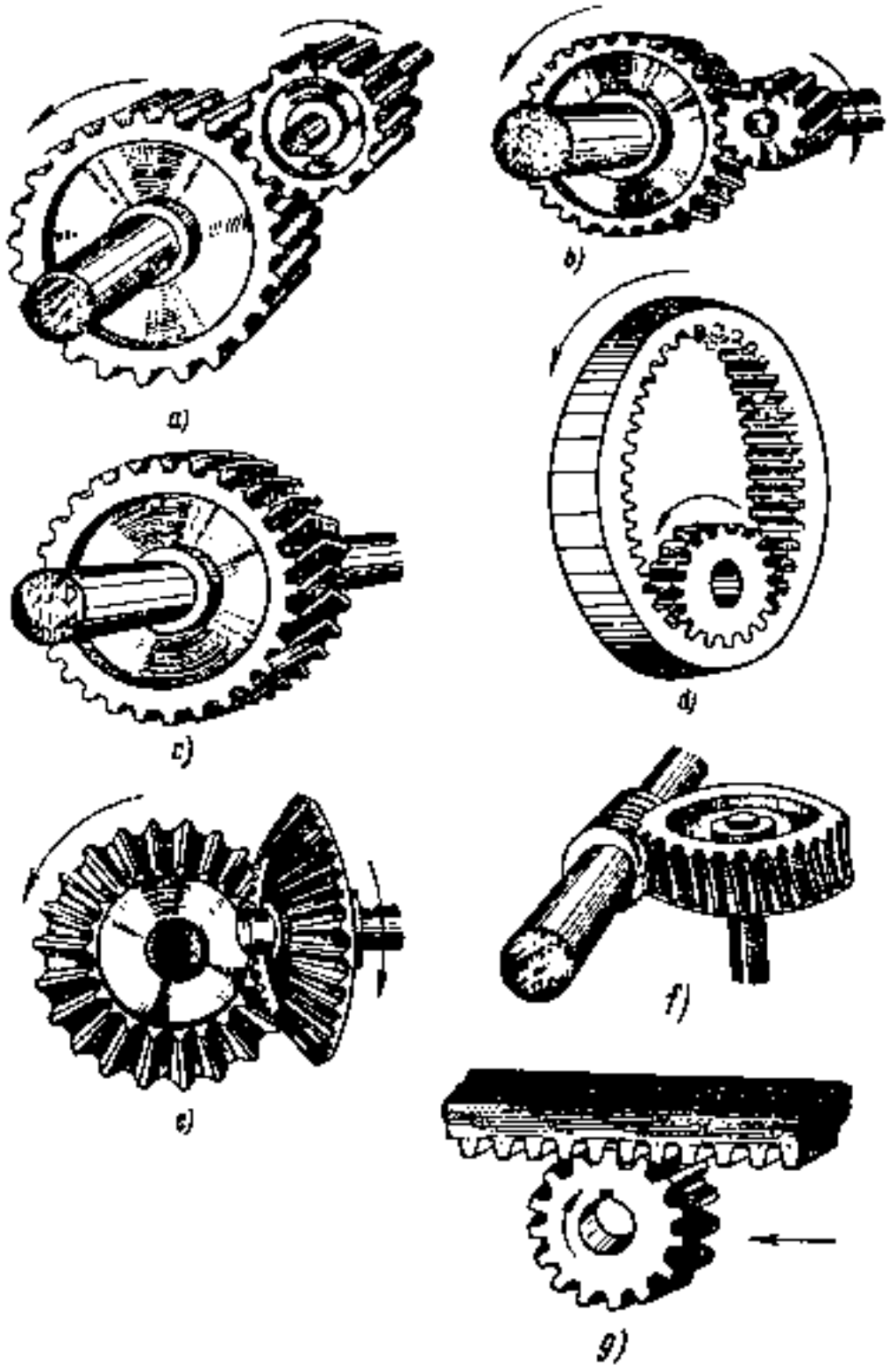


(شکل ۲ ــ ۹) شکل ساده‌ای برای نمایش زاویه فشار بین دو دندانه از چرخدنده‌های درگیر شده با هم.



(شکل ۱ ــ ۹) تیغه‌فرز غلطکی برای تراشیدن چرخدنده «ساده» از طریقه غلط زدن ابزار و کار در بین امون یکدیگر.

واژه‌ایست «فارسی» بنابراین دیکته صحیح آن لازمست «غلتیدن» باشد و چون این کلمه «معرب» شده یا ظاهراً به کلمات عربی مبدّل گردیده است بطور نادرست «غلطیدن» نوشته می‌شود و با توجه



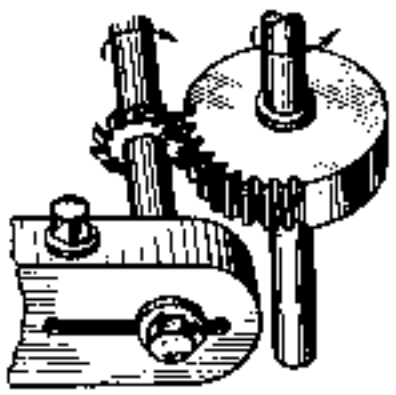
Toothed gearing.

a — spur gears, *b* — parallel helical gears, *c* — herringbone gear, *d* — external and internal gears, *e* — straight bevel gears, *f* — worm and wheel, *g* — rack and pinion.

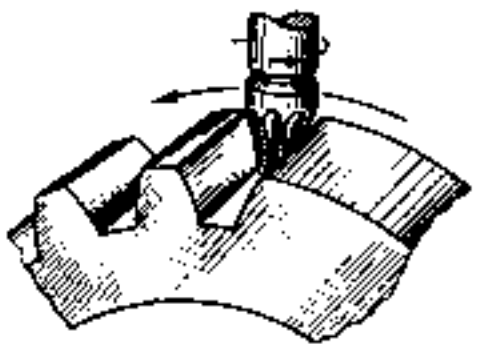
(شکل ۳ ــ ۹) چند نمونه از چرخدنده‌های مختلف یا «چرخهای دندانه‌دار شده».

(a) ــ چرخدنده‌های ساده (با محورهای موازی). (b) ــ چرخدنده‌های مارپیچ با محورهای موازی. (c) ــ چرخدنده چناغی یا مارپیچ دوطرفه. (d) ــ چرخدنده خارجی و داخلی (در گیری دنده‌ها از داخل است). (e) ــ چرخدنده های مخروطی مستقیم یا مخروطی ساده. (f) ــ حلزون و چرخ حلزون (g) ــ دنده‌شانه‌ای و دنده پینیون (یا دنده ساده درگیر شده با آن)

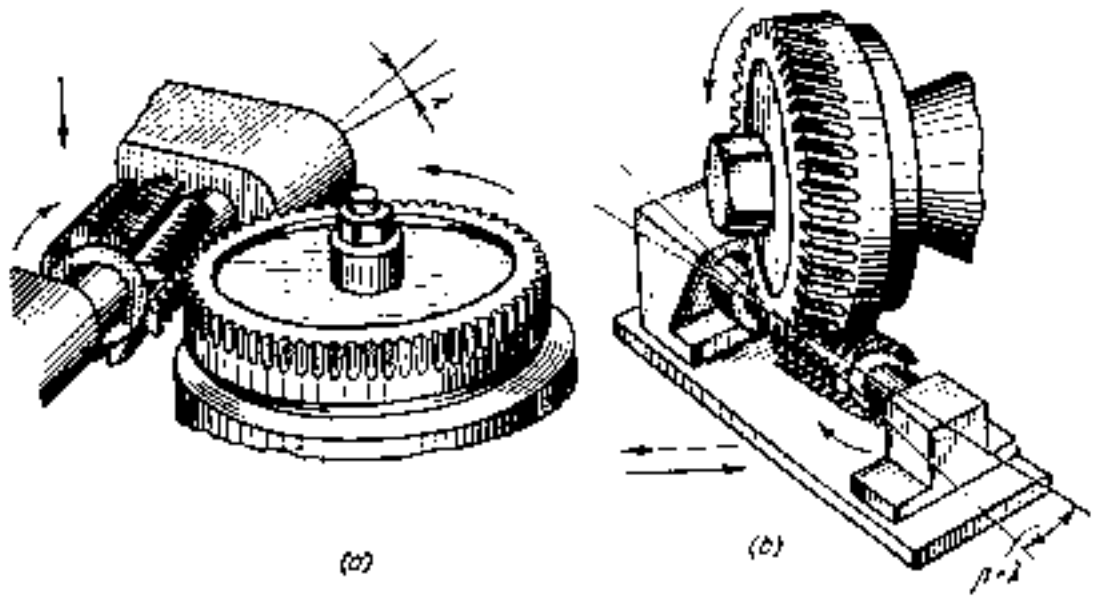
به این استدلال، اگر «تیغه فرزهای غلتان، ابزارهای غلتکی و عمل غلتیدن» را با حرف «ت» بنویسیم با حالتی که حرف عربی «ط» را برای این منظور بکار گرفته باشیم، تفاوتشان انتخاب نوشته درست با نوشته رایج میباشد.



(شکل ۴ ــ ۹) تراش جرخدنده ساده با تیغه فرز دنده‌تراش معمولی.

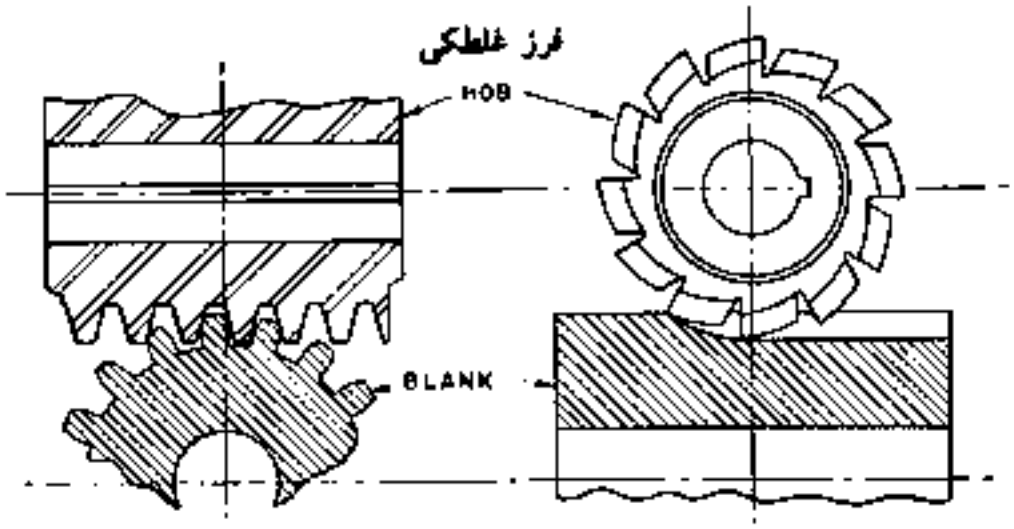


(شکل ۵ ــ ۹) ــ تراش جرخدنده ساده با فرز دنباله دار یا انگشتی مخصوص دارای پروفیلی بفرم منحنی بغل دنده.

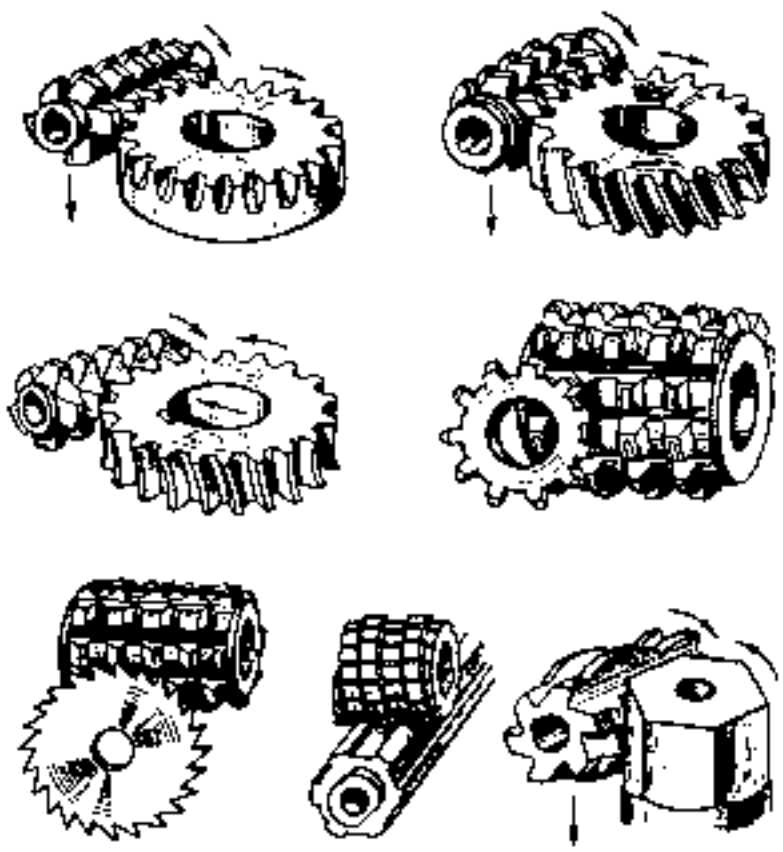


(شکل ۶ ــ ۹) تراشیدن جرخدنده با استفاده از ابزارهای مخصوص فرزکاری غلطکی دنده‌ها.

(a) ــ غلطکی تراشی جرخدنده ساده.
(b) ــ غلطکی تراشی جرخدنده ماربیچ.

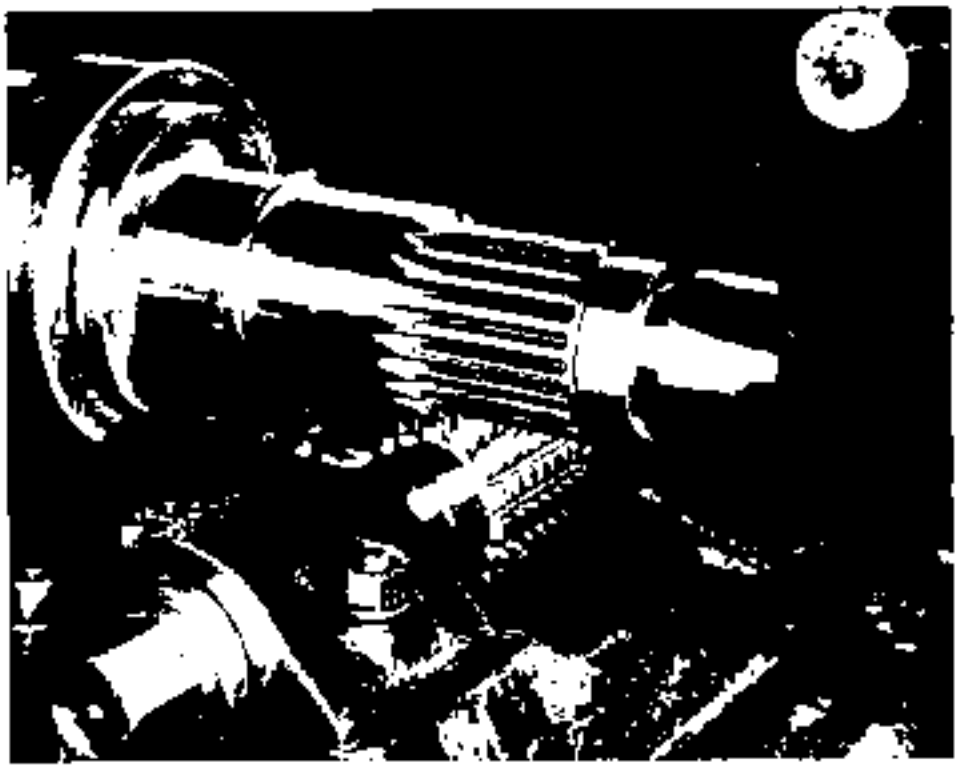


(شکل ۷ ــ ۹) اصول تراشیدن یک چرخدنده ساده با استفاده از فرز ویژه غلطکی تراشی دنده (شکل در دو نما نشان داده شده است) و واژه Blank هم به مفهوم ماده خام آماده شده برای عملیات ماشینکاری میباشد.



(شکل ۸ ــ ۹)

قطعات کار مختلفی که میتوانند «غلطک تراشی» شوند یا با ابزارهای فرزکاری «غلط تراشی» مختص هر کار ساخته شوند (با توجه به جهت‌های دوران ابزار و کار و نیز جهت باردهی عمقی).



(شکل ۹ــ۹) شکل حقیقی چگونگی ساخته شدن یک چرخدنده ساده بکمک روش غلطکی تراشی دنده.

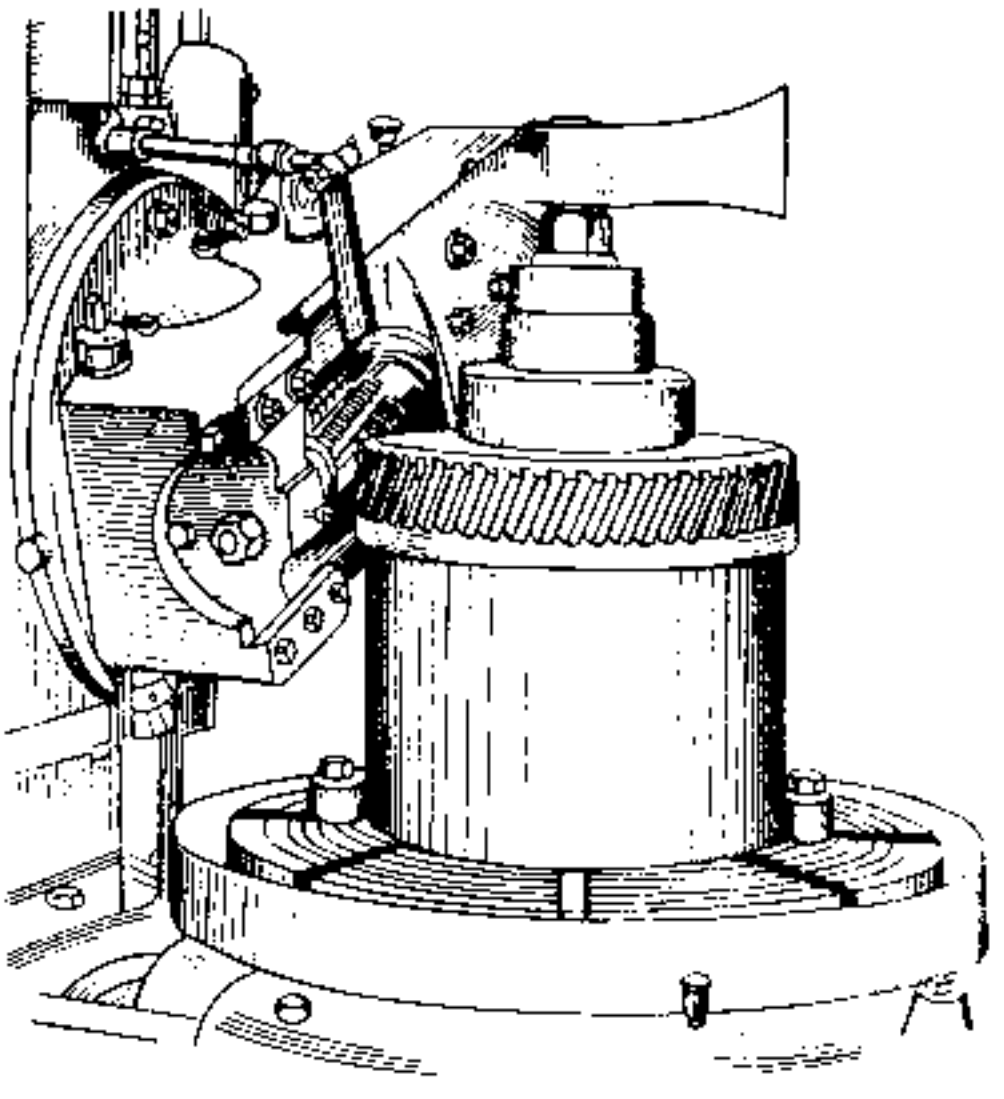
چگونگی تراشیدن چرخدنده‌های مختلف با ماشین‌های دنده‌تراش «غلطکی»

بطور کلّی برای ساختن انواع چرخدنده‌هائی که تراشیدن آن‌ها بـا روش فـوق امکان‌پـذیر باشد، ابزار تراشنده را روی محور اصلی ماشین‌هائی که منحصراً برای اینگونه عملیات طراحی و ساخته شده‌اند می‌بندند و روش بستن ابزار غلطکی نیز همانـند مـرتبط ساختن تـیغه فـرزهای معمولی دنده‌تراش به محور اصلی ماشین‌های فرز افقی است. در مقابل ابزار هم کار مورد نظر که قطر خارجی و سایر ابعاد ماده خامش به اندازه مـطلوب تـراشکاری شده است بـر روی مـحوری جداگانه مستقر می‌گردد و بسته به اینکه زاویه فضائی بین محورهای هندسی دو محور فـوق‌الذکـر چه مقدار باشد انواع چرخدنده قابل ساخت با چنین روشی میتواند عبارت باشد از: چرخدنده لبه مستقیم یا دنده ساده (Spur Gear) که پیچشی در شکل دندانه‌های آن وجود ندارد (شکل «۶a ــ۹» بطور شماتیکی و «شکل ۹ ــ ۹» بطور حقیقی تـراشکاری غلطکی چـرخدنده لبه مـستقیم را نشان میدهند).

چنانچه هدف تراشیدن چرخدنده مارپیچ یا کج باشد، میبایست زاویه انحراف دنده‌ها را در انحراف کلّی بین محورهای هندسی و فضائی آن‌ها دخالت دهند تا محصول چرخدنده‌ای بـاشد بـا لبه دندانه‌های موّرب یا دنده مارپیچ (Helical Gear) (شکل «6b ــ ۹» نشان دهنده اصول غلطکی تراشی چرخدنده مارپیچ با تجسّم زاویه انـحراف کـلّی مـحورها مـیباشند و شکل «۱۰ ــ ۹» هم نمایشگر منطقه ماشینکاری غلط تراشی دنده مارپیچ خواهد بود).

تراشیدن چرخهای حلزونی که با محورهای حلزونی پس از ساخته شدن، کار خواهند کرد از روشی مشابه پیروی می‌کند، با این تفاوت که ماده خام «قطر تراش» و نیز «انحناء قوس سر دندانه‌هایش» با توجه به فرمولهائی که برای محاسبه آن‌ها وجود دارد، قبل از قرارگیری در ماشین‌تراشی غلطکی دندانه‌ها، با ماشین تراش معمولی یا روشی دیگر، آماده شده‌اند.

با توجه به شرایط بالا در مورد انواع دنده‌ها، بایستی فرز غلطکی باندازه زاویه محاسبه شده‌ای مایل قرار داده شود و در حالی که هر دو محور میچرخند، تحت یک حرکت جبری، مانند یک دستگاه حلزون و چرخ حلزون درگیر شوند و در مقابل هر گردش کار، فرز غلطکی میبایستی به اندازه تعداد دندانه‌ای که قرار است در آن بوجود آورد، آنرا به فواصل مساوی دنده کرده باشد و بنابراین در فرزکاری‌های غلطکی دنده‌ها، براده برداری بدون انقطاع صورت می‌گیرد و حال آنکه در ماشین‌های فرز معمولی در هنگام تقسیم کردن دنده‌ها براده برداری قطع می‌شود. ضمناً با باردهی تدریجی ارتفاع یا گودی کامل هر دنده را هم در حین غلطک زدن دنده‌ها بی‌آنکه ماشین را خاموش کنند میتوانند کامل نمایند.



(شکل ۱۰ ــ ۹) نمائی شماتیکی برای نشان دادن «غلطک زدن یک چرخدنده مارپیچ»

مزایای غلطکی تراشی چرخدنده‌ها نسبت به فرزکاری معمولی آن‌ها

با توجه به شرحی که در مورد دنده‌تراشی با استفاده از ابزارهای غلطکی بیان شد ملاحظه میگردد که از مزایای زیر که محاسن آن‌ها نسبت به روش‌های عادی محسوب می‌شود برخوردارند:

۱ ــ ساختن دنده‌ها به زمان بسیار کمتری نیاز دارند، سریعتر ساخته شده و در نتیجه ارزان‌تر تولید میگردند.

۲ ــ دقّت ساخت بالاتر بوده و تقسیم شدنِ دندانه‌ها در محیط چرخدنده یکنواخت‌تر است.

۳ ــ احتیاجی به دستگاهی همانند دستگاه تقسیم معمولی و محاسبات مربوطه ندارند، و اغلب بکمک جداولی که همراه هر ماشینی دنده تراش غلطکی وجود دارد یا بر روی جای مناسبی از آن الصاق شده است، نسبت حرکات چرخشی کار و ابزار و سایر عوامل مؤثر را تنظیم می‌کنند.

۴ ــ امکان تراشیدن غلطکی چرخدنده‌های ساده، مارپیچ، کج، چرخ حلزون و نیز پیچهای حلزونی با سهولت خیلی زیادتری بر رویشان وجود دارد.

۲ ــ چرخدنده تراشی «کلّه‌زنی» Gear Shaping

در این روش تولید چرخدنده، اساس کار بدین ترتیب است که ابزار تراشنده چرخدنده، دارای حرکت رفت و آمدی است و در واقع با حرکت نوسانی خود، همانند عملیات صفحه‌تراشی از قطعه کار براده‌برداری می‌کند و می‌توانیم ساخت چرخدنده‌ها را با این سیستم تولیدی به دو گروه متمایز زیر تقسیم‌بندی کنیم:

(۱) ــ کلّه زنی دنده از طریق تقسیمی. (۲) ــ کله‌زنی دنده از طریق غلط‌زدن یا غلطکی.

در سطور زیر به شرح اصول اجرای هرکدام از دو روش فوق می‌پردازیم:

(۱) ــ «کلّه‌زنی دنده» از طریق تقسیمی Indexing Method of gear shaping

ماشینی که برای این منظور بکار گرفته میشود، در عمل همان «ماشین صفحه‌تراش عمودی یا کلّه‌زنی» است که قبلاً در بخش‌های گذشته مورد بحث قرار گرفته است و بر روی آن ابزاری که دارای فرمی مشابه پروفیل دنده مطلوب است مستقر شده و با حرکتی در امتداد قائم از بالا به پائین، عمل براده‌برداری را انجام میدهد و پس از اتمام ماشینکاری هر شیار، با دستگاه تقسیمی که در زیر مسیر تراش قرار دارد و کار بدان متصل است بوسیله چرخانیدن دسته تقسیم دستگاه فوق‌الذکر، و با توجه به محاسبه‌ای که پیش از شروع کار برای آن صورت گرفته است، مقدار تقسیم دنده را بوجود می‌آورند.

مسلماً دقّت چرخدنده‌های تراشیده شده با این طریقه، با فرم ابزار کله‌زنی و نیز میزان دقتی که در تقسیم‌بندی فواصل دنده‌ها بکمک دستگاه تقسیم اعمال شده است وابستگی دارد ولی