مجموعاً باید دانست که این طریقه، در تولیدات زیاد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و منحصراً در تک‌سازی یا مصارف تعمیراتی از آن استفاده می‌شود.

(۲) ــ «کلّه‌زنی دنده» از طریق غلط‌زدن یا غلطکی «Hobbing Method of gear shaping»

ماشین دنده‌تراش خاصّی که برای این منظور بکار برده می‌شود، ماشینی است کلّه‌زنی غلطکی و در اصطلاحات شناسائی ماشین‌های ابزار اختصاصی، به آن «صفحه‌تراش دنده» هم می‌گویند و افزارهائی که بر روی محور آن نصب می‌گردند میتوانند متنوع باشند ولی دو نوع رایج‌ترشان «پنجه‌ای صفحه‌ای» و «شمشی دندانه‌ای» میباشند (که در شکل‌های شماره ۱۴ ــ ۹ و ۱۵ ــ ۹ نمای شماتیکی آن‌ها نمایش داده شده است).

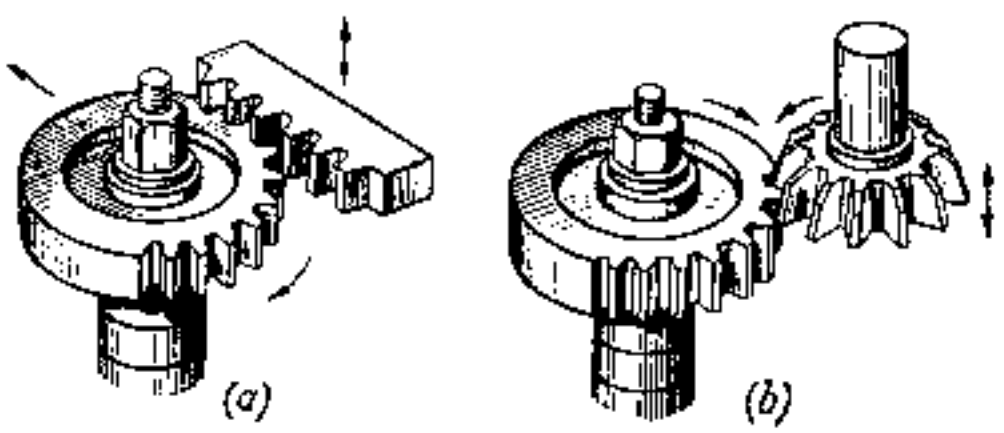
ابزار «کله‌زنی پنجه‌ای صفحه‌ای» شکل ظاهریش شبیه به چرخدنده بوده و حال آنکه نوع دوّمی همانند «دنده شانه‌ای» خواهد بود که دنده‌های هر کدامشان از تعدادی کافی دندانه پشت سر هم بوجود آمده‌اند و یکایک آن‌ها دارای تمامی زوایای اصلی و عمومی ابزارهای فلزتراشی میباشند و چنانچه چنین ابزاری را برای کله‌زنی دنده‌های یک چرخدنده بکار گیرند، علاوه بر آن که محور متصل به آن میبایست نوسانی باشد، لازمست قبل از شروع کردن حرکت برگشت خود، حول محور هندسیش حرکت غلطی که منجر به تقسیم شدن دنده هم خواهد شد انجام دهد و مسلماً کار هم به نوبه خود حرکت اخیر را دارا میباشد و بدین ترتیب با یکدور غلطیدن کار و ابزار در شرایطی که دایره‌های گام آن‌ها مماس میباشند «با مراجعه به شکل تجسّمی (شکل ۱۳ ــ ۹) که نمایانگر مبانی کله‌زنی غلطی است» با پایان گرفتن یک دور غلط کامل، دندانه‌ها هم در محیط کار نمایان می‌شوند و با چند بار تکرار عمل مزبور، تا عمق کامل براده‌برداری می‌شوند.

بنابراین حرکت غلطشی بوسیله ابزار و کار بطور توأم تحقق یافته و در هنگامیکه کشاب حرکت برگشت خود را انجام میدهد، قطعه کار بوسیله تیغه برش، پس زده شده و موقع شروع کورس جدید بطور خودکار به محل اولیه خود برمی‌گردد.

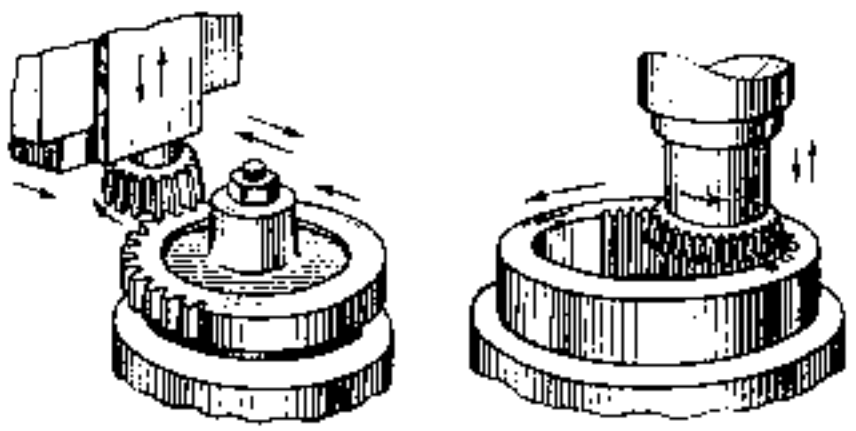
با این نوع ابزارهای کلّه‌زنی علاوه بر چرخدنده‌های با درگیری خارجی «شکلهای: (b) ۱۱ ــ ۹، شکل ۱۲ ــ ۹ سمت چپ، شکل ۱۸ ــ ۹، شکل ۱۹ ــ ۹، شکل ۲۰ ــ ۹» میتوان چرخدنده‌های بادرگیری داخلی «شکل ۱۲ ــ ۹ واقع در سمت راست» و «شکل ۲۲ ــ ۹» و نیز «شکل (b) ۲۳ــ۹» را هم ماشینکاری کرد. ضمناً امکان دارد با نصب مکانیزم‌های ویژه‌ای از آن‌ها برای تراشیدن چرخدنده‌های مارپیچ و جناغی نیز بهره‌گیری کرد (شکل۱۷ ــ ۹اساس کله‌زنی چرخدنده‌های مارپیچی را نمایش میدهد).

در طریقه بالا بایستی ابزار تراش و چرخدنده خام که هنوز بر روی آن دندانه‌ای ایجاد نشده است، بطور محکمی روی محورهای مربوط به خود بسته شده و از داخل ماشین با چرخدنده‌های مناسب بیکدیگر مرتبط باشند تا ابزار کله‌زنی تراشنده دنده و همچنین چرخدنده

خام با سرعتهای گام خطی مساوی نسبت بیکدیگر بچرخند (با در نظر گرفتن «شکل ۱۳ ــ ۹»). اگر در کلّه‌زنی چرخدنده‌ها از ابزار تراشنده «شمشی دندانه‌دار» استفاده کرده باشند. در حالی که به محور اصلی ماشین در وضعیتی محکم مستقر شده، فقط حرکات نوسانی انجام میدهد و حرکت غلطشی مورد نیاز را محور کار ایجاد خواهد کرد. بنابراین همراه شدن حرکت دورانی کار و نوسانی ابزار، دنده‌ها را روی ماده خام شکل میدهد و وقتیکه قطعه کار خود را در مقابل رنده براده‌برداری شانه‌ای، بطور طولی غلط داد، میز کار بحالت اولیه خودش رجعت کرده و آنگاه میز با ماده خام متصل به آن، به اندازه یک دنده دو مرتبه بجلو حرکت می‌کند و این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا همگی دنده‌های چرخدنده مفروض شیارهایش کلّه‌زنی شوند و لازم به تذکر است که علاوه بر دو نوع ابزار تشریح شده در بالا، گونه‌های متفاوتی از ابزارهای اختصاصی، مختص تراشیدن انواع چرخدنده با طریقه کله‌زنی ــ غلطشی طرّاحی و ساخته شده‌اند.



(شکل ۱۱ ــ ۹) تراشیدن دندانه‌های چرخدنده: (a) ــ با ابزار کلّه‌زنی دنده از نوع «شمشی دندانه‌دار» (b) ــ با ابزار نوع «پنجه‌ای صفحه‌ای» با توجه به جهات حرکات ابزار و کار و پارهی دندانه‌ها.

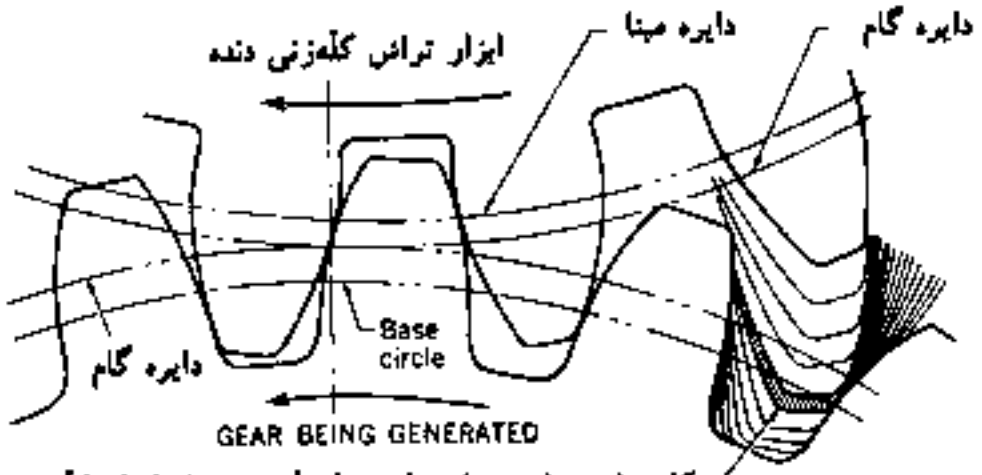


(شکل ۱۲ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی نشان دهنده اصول تراش چرخدنده‌ها با طریقه «کلّه‌زنی ــ غلطشی» (به جهات حرکات نوسانی، دورانی و باری توجه شود).

سمت راست ایجاد دندانه‌های داخلی

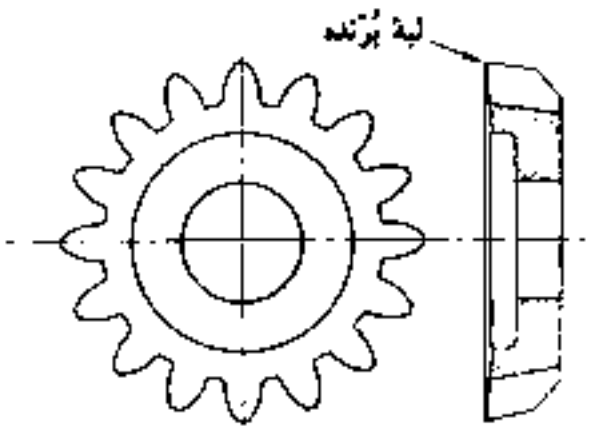
سمت چپ ایجاد دندانه‌های خارجی

چنانچه قرار باشد چرخدنده‌های مارپیچ دوبل یا جناغی را بـا طـریقه کـلّه‌زنـی ــ غلطکی بسازند، ابتدا میبایستی در وسط پهنای دنده شیاری باریک برای خارج شدن تیغه در نظر بگیرند و یا اصطلاحاً شیاری را گاه‌گیری کنند تا این نوع دنده‌تراشی که معمولاً مـختص چنین مـاشین‌های دنده تراش اختصاصی است امکان‌پذیر شود. هنگامیکه بـخواهند ابـزارهای نسبتاً گـران قـیمت کله‌زنی ــ غلطشی را تیز کنند، کافیست که عمل سنگ‌زنی یا اصلاح ابزار از سطح پـیشانی آن‌ها صورت گیرد و نیز لازمست جریان مداومی از مایعات و یا روغن‌های خنک کننده و تراشکاری بر روی ابزار و کار در منطقه براده‌برداری برقرار باشد تـا از استهـلاک زودرس ابـزارها مـمانعت بعمل آمده باشد. در بعضی از ماشین‌های مزبور بازده کار ۱۰ بـرابر بـیشتر از مـاشینهای فـرز معمولی برای تراشیدن چرخدنده با روشهای عادی مـیباشد. (شکل‌های‌زیرو صفحات‌بعد یعنی «شکل ۱۳ ــ ۹» تا «شکل ۲۳ ــ ۹» حدود ۴ صفحه) همگی مرتبط بـه ایـن مـبحث بـوده و هر کدامشان به گونه‌ای نمایش دهنده این تکنولوژی مهمّ دنده‌سازی صنعتی هستند.

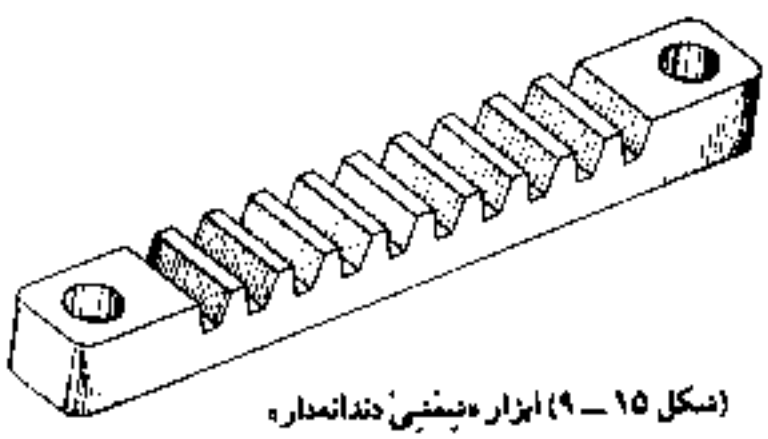


شکل براده تولیدی (از نظر مقطع آن) بوسیله ابزار کله‌زنی دنده.

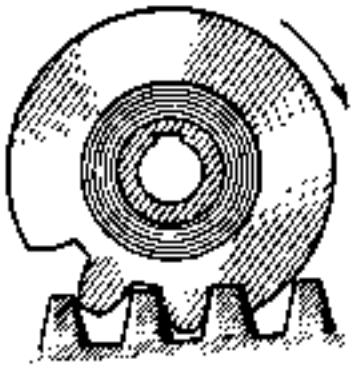
(شکل ۱۳ ــ ۹) نمائی دیاگرامی و شماتیکی جهت نمایاندن اصول برجود آمدن دنـدانه‌های چـرخدنده‌هائـی کـه بـا بکارگیری روش تراش «کله‌زنی ــ غلطی» ساخته می‌شوند.



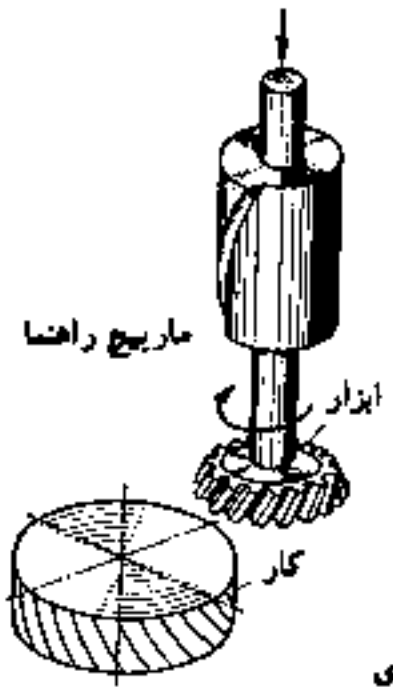
(شکل ۱۴ ــ ۹) ابزار «پنجه‌ای صفحه‌ای» (دردونما) مخصوص تراشیدن چرخدنده‌ها با روش «کله‌زنی ــ غلطی»



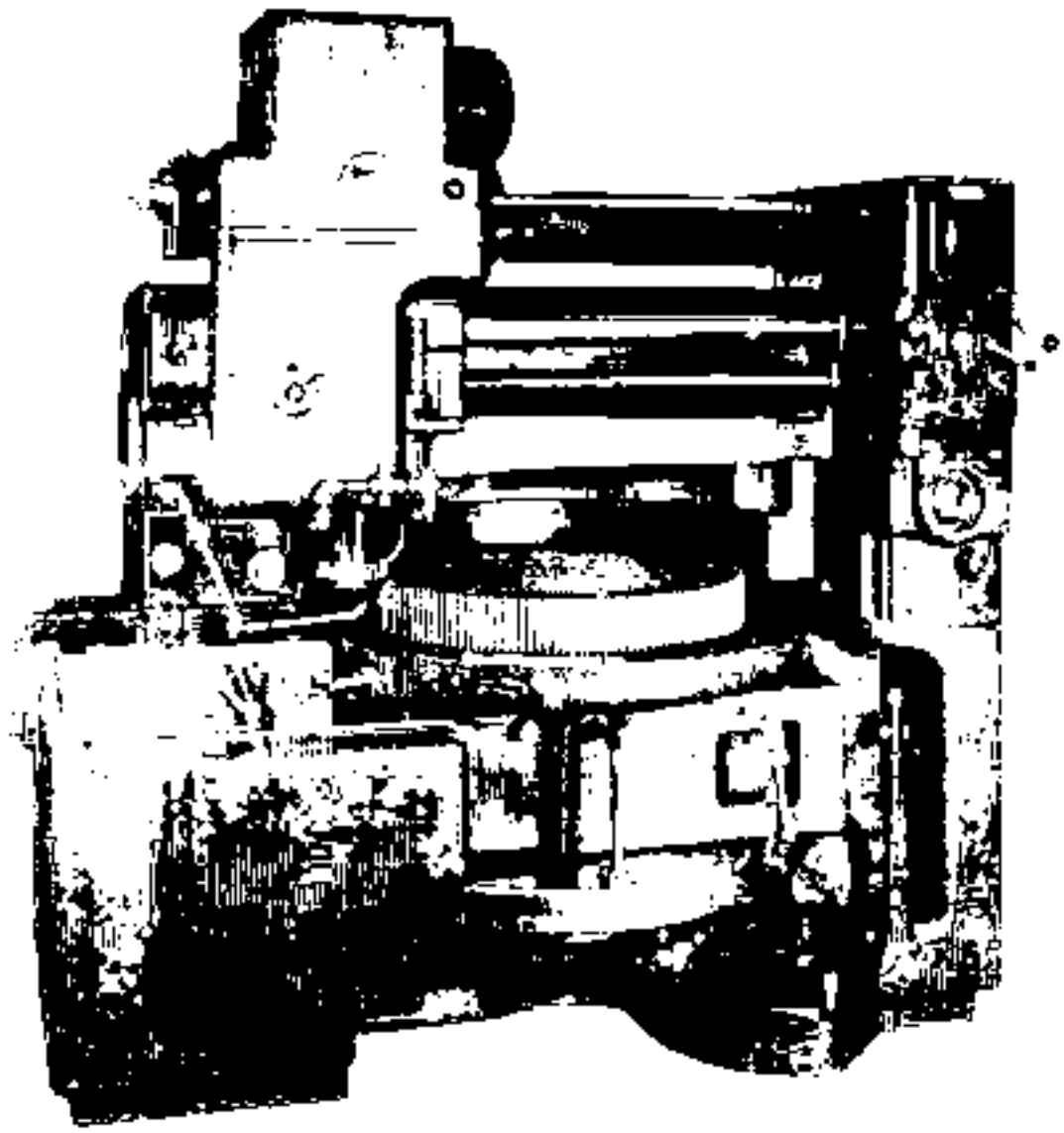
(شکل ۱۵ ــ ۹) ابزار «پیشنی» دندانه‌دار» (که شکل ظاهری آن همانند دنده شانه‌ایست) بـرای تـراشیدن چرخدنده‌ها بـا طریق «کله‌زنی ــ غلطی».



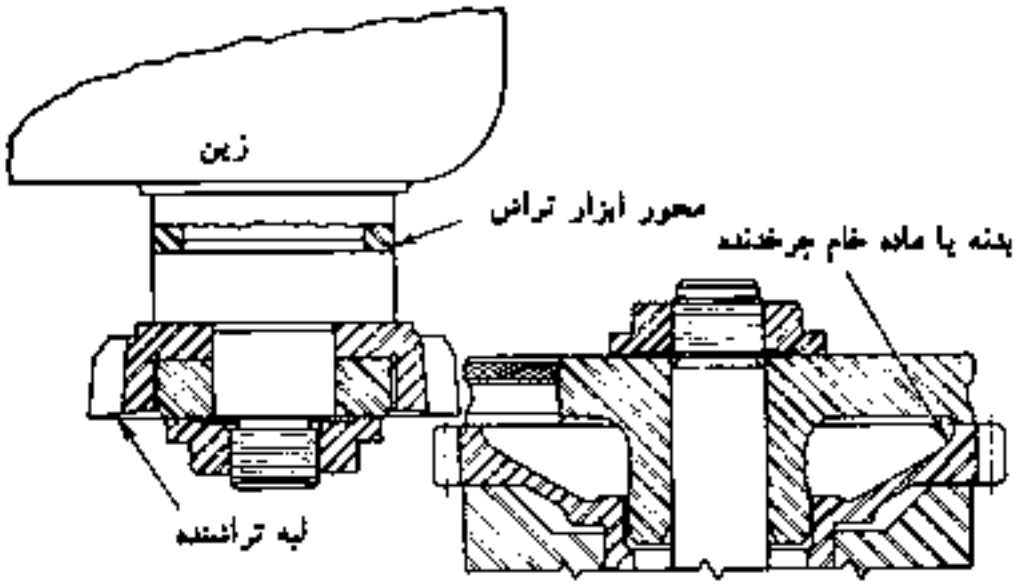
(شکل ۱۶ ــ ۹) نحوه تراشیده شدن یک چرخدنده ساده
بوسیله ابزار «شمشی دندانه‌دار» در عمل کله‌زنی ــ
غلطی از طرق تولید چرخهای دندانه‌دار شده



(شکل ۱۷ ــ ۹) شکلی شماتیکی برای نمایش اساس تراشیدن چرخدنده‌های
ماریچ بکمک مکانیزم ترکیب کننده حرکات لوسانی ــ پیچشی در کله زنی
غلطی دنده‌ها

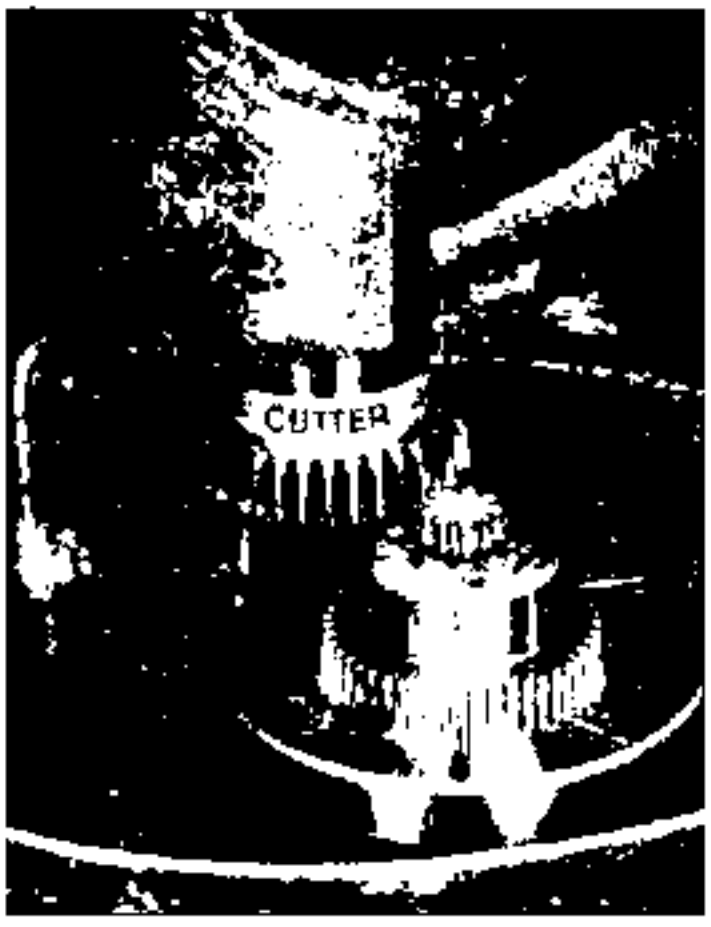


(شکل ۱۸ ــ ۹) شکل حقیقی یک نوع ماشین کله‌زنی غلطی در حال تراشیدن چرخدنده ساده با دنده‌های خارجی

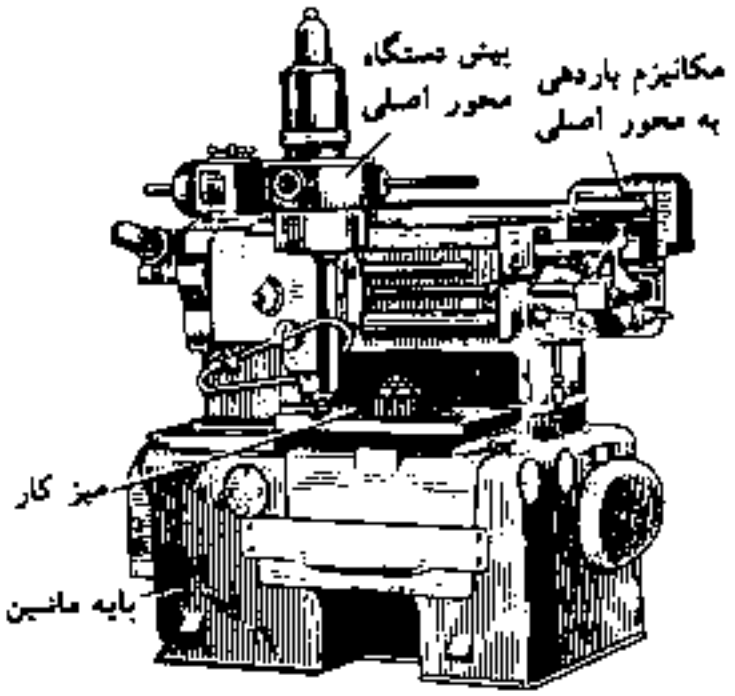


Sketch showing mounting of cutter and blank on gear shaper.

(شکل ۱۹ ــ ۹) تماس شماتیکی برای نشان دادن «ابزار تراش» و «بدنه یا ماده خام چرخدنده» روی ماشین «کلّه‌زنی دنده» (با طریقه کلّه‌زنی ــ غلطی)

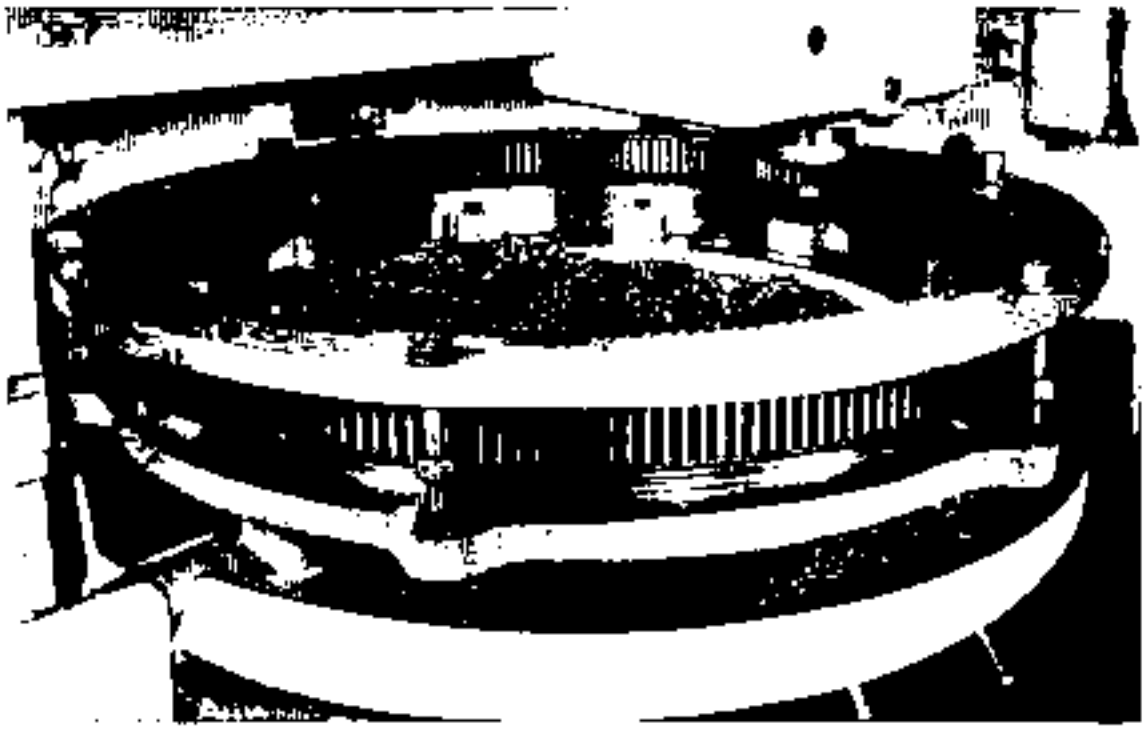


(شکل ۲۰ ــ ۹) شکل حقیقی نحوه تراشیدن چرخدنده‌های ساده با ماشین‌های «کلّه‌زنی دنده» با توجه به شکل، شباهت ظاهری ابزار رفت و آمدی دنده‌تراشی با فرم تراشیده بوسیله آن کاملاً مشهود است و ابزار در حین دارا بودن حرکت نوسانی، بوسیله حرکت‌های غلطشی محوری با محور کار، تقسیم منظم فواصل دنده را نیز ایجاد می‌کند و این عمل در کورس برگشت ابزار بسوی بالا، صورت می‌گیرد.

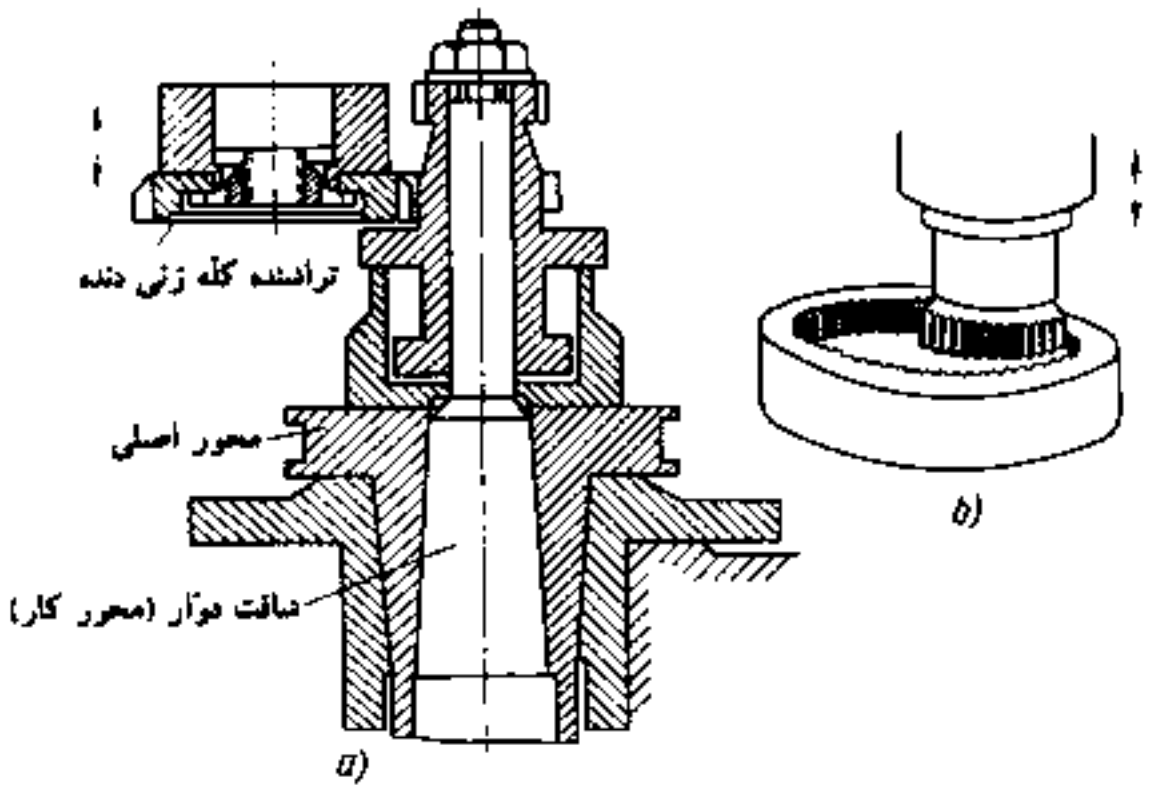


(شکل ۲۱ ــ ۹) نمای ظاهری یک نوع ماشین چرخدنده سازی اختصاصی با روش «کلمزنی دنده از طریق غلط زدن ابزار و کار» چند مشخصه مهمّ این ماشین بقرار زیر میباشند:

قطر ماکزیمم خارجی ماده کار ═ ۵۰۰ ــ پهنای ماکزیمم کار ═ ۱۰۵ ــ مدول ماکزیمم چرخدنده ═ ۶ ــ قطر ماکزیمم درونی برای چرخدنده‌های داخلی ═ ۵۵۰ و طول کورس ماکزیمم رفت و آمدی ابزار ═ ۱۲۵



(شکل ۲۲ ــ ۹) شکل منطقه ماشینکاری شدن یک چرخدنده بزرگ، با دندانه‌های داخلی بوسیله ماشین چرخدنده‌تراش کلّمزنی (رفت و آمدی) و بکارگیری طریقه غلطیدن ابزار و کار.



Gear shaping:

(شکل ۲۳ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی «کله‌زنی چرخدنده»
شکل (a) سمت چپ ــ اصول تراش کله‌زنی غلطکی یک چرخدنده ساده بادرگیری خارجی
شکل (b) سمت راست ــ اصول تراش کله‌زنی غلطکی یک چرخدنده ساده بادرگیری داخلی

۳ ــ چرخدنده تراشی مخروطی «Bevel Gear Cutting»

چرخدنده‌های مخروطی عموماً به مخروط‌های ناقصی گفته می‌شوند که بر روی سطح جانبی آن‌ها، دندانه‌هائی با لبه‌های مستقیم و یا منحنی با فرم‌های ویژه‌ای بوجود آورده باشند و به هنگام درگیری با چرخدنده مخروطی دیگری که از لحاظ گام دنده و سایر عوامل مؤثر برای جفت شدن دنده‌ها تأثیر دارند، بتوانند حرکات را بین محورهای متقاطع و یا در مواردی بین محورهای متنافر انتقال دهند.

اصولاً تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی بعلت آنکه در مقاطع مختلف تدریجاً قطر دایره گامشان متناسب با زاویه مخروط گام، تغییر می‌کند. نسبت به ساختن چرخدنده‌های ساده و مارپیچ معمولی که کاربردشان جهت انتقال نیرو و دور برای محورهای موازیست بمراتب مشکل‌تر است. اگر چرخدنده مخروطی را از نظر واحد اندازه‌گیری طولی متعلق به سیستم میلیمتری بدانیم، با توجه به فرمول کلّی $d_0 = m.z$ چون d_0 یعنی قطر دایره گام در دنده‌های مخروطی در هر مقطع متغیّر است ولی z که نماینده تعداد دندانه میباشد، مسلماً مقدار ثابت و مشخصّی برای هر چرخدنده است و نمی‌تواند تفاوتی پیدا کند. لذا برای بوجود آمدن موازنه در طرفین فرمول بالا. لازمست m

یا بعبارت دیگر «مدول» تغییر کند. بنابراین چرخدنده‌های مخروطی میلیمتری همواره دارای مدول متغیّری خواهند بود.

بعنوان مثال چنانچه مقدار مدول ماکزیمم $m_{Max} = ۳$ برای چرخدنده‌ای مخروطی و ساده‌ای داده شده باشد و پس از محاسبه برای آن مدول می‌نیمی برابر $m_{Min} = ۲$ تعیین کرده باشند با در نظر گرفتن مدول‌های استاندارد یا قواره‌بندی شده موجود بین $m = ۲$ و $m = ۳$ فقط تیغه فرزهای ۲/۷۵ و ۲/۵ و ۲/۲۵ = m میتوانند وجود داشته باشند و حال آنکه از لحاظ ریاضی در فاصله دو مقدار ماکزیمم و می‌نیمم یاد شده در بالا، تعداد بی‌شماری اعداد اعشاری میتواند تجسّم شود.

با بیان فرمولی فوق ملاحظه می‌گردد که ساختن چرخدنده‌های مخروطی با امکانات معمولی به نحوی که جزئیات دقیق دندانه‌های بوجود آمده با روابط تئوری یا نظری کاملاً انطباق داشته باشند کاریست بس دشوار و روی همین اصل تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی (و در اینجا مخروطی ساده یا لبه مستقیم) را مبتنی بر دو روش کلّی زیر میدانیم که عبارتند از:

الف ــ ساختن چرخدنده مخروطی ساده با ماشین‌های فرز انیورسال و دستگاه تقسیم انیورسال.

ب ــ ساختن چرخدنده مخروطی ساده با ماشین‌های دنده تراش اختصاصی یا مولّد (ژنراتور) دنده مخروطی که به نوبه خود به چندین نوع منقسم می‌گردند.

در سطور بعدی اصول اجرای هر طریقه بیان می‌گردد.

الف ــ تراشیدن دندانه‌های چرخدنده‌های مخروطی ساده (لبه مستقیم) با ماشینهای فرز انیورسال "Cutting the teeth of Bevel Gears by Universal Milling Machines" ــ در این طریقه، که به آن روش تقسیمی هم می‌گویند، بدنه چرخدنده مخروطی یا ماده خام آماده شده و فاقد دندانه (در اصطلاحات فنی انگلیسی آن را Blank می‌نامند) را که قبلاً باتوجه به محاسبات مربوطه روی ماشین‌های تراش فرم داده و آماده کرده‌اند، بر روی محور اصلی دستگاه تقسیم انیورسال همراه با ماشین فرز به نحو محکمی مستقر نموده و سپس محور کار که همان محور اصلی جعبه تقسیم (Indexing Box) باشد را به اندازه محاسبه شده‌ای (با مراجعه به مطالب مندرج در حساب فنی مرتبط به چرخدنده‌های مخروطی ساده) با استفاده از نقاله مدرّجی که روی انواع انیورسال دستگاههای تقسیم وجود دارد، منحرف می‌کنند و در این شرایط تیغه فرز دنده تراش معمولی، بموازات خطّ مولّد مخروط غلطان قرار می‌گیرد و عمل تقسیم کردن فواصل دندانه‌ها همانند چرخدنده‌های ساده انجام خواهد گرفت.

تیغه فرز با مدول می‌نیمی را که بر مبنای محاسبات لازمه مقدار مدول و نمره آن را تعیین کرده‌اند روی محور اصلی دوّار ماشین فرز انیورسال سوار شده و تعداد دوران بر هر دقیقه و نیز

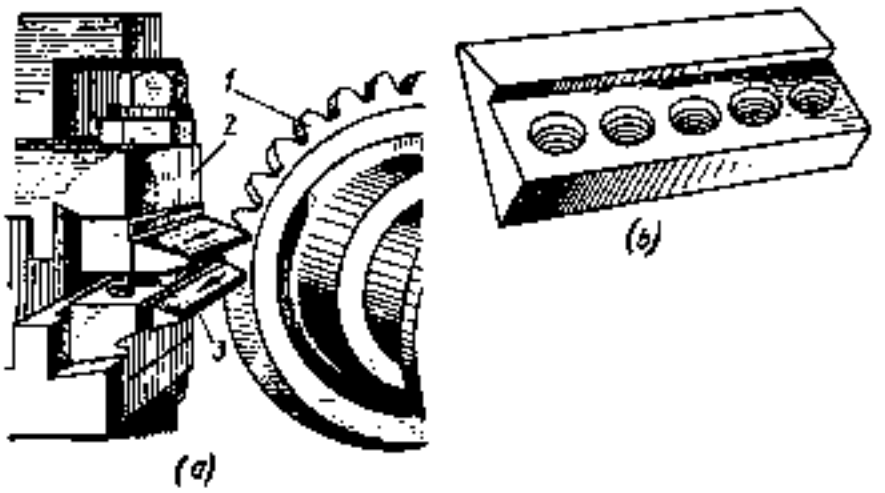
جهت دوران آن را تنظیم می‌کنند و عمل براده‌برداری را برای یکایک شیارهای دنده در هر بار تقسیم شدن اجراء می‌نمایند تا عمق یا ارتفاع کامل در دو ناحیه متمایز مدول می‌نیم و مدول ماکزیمم بوجود آید و برای شکل‌دهی مناسب‌تر به دندانه‌های ساخته شده، بنا در اختیار داشتن «زاویه بغل تراشی» محاسبه شده، میز ماشین فرز، یعنی میز اصلی و افقی آن را در دو جهت به اندازه زاویه فوق منحرف کرده و دندانه‌ها را بغل تراشی می‌کنند تا بدینوسیله شیارهای دنده‌ای حاصل شود که پهنای آن در ابتدا و همچنین در قسمت انتهائی شیار تفاوت لازمه را کسب کرده باشد.

تراشیدن چرخدنده مخروطی با روش فوق‌الذکر در بسیاری از کارگاههای دارای ماشین‌های فرز انیورسال و دستگاه تقسیم انیورسال شدنی است به شرط آنکه کلیه محاسبات لازمه را دقیقاً انجام داده و کنترل کرده و آنگاه اقدام به تراشیدن دنده مخروطی نمایند. باید توجه داشت که فقط در موارد ضروری و معمولاً دورهای نسبتاً کم، چرخدنده‌های مخروطی ساده ساخته شده با این طریقه، رفع نیاز خواهند کرد و برای تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی دقیق‌تر میبایست از انواع ماشینهای مولّد دنده مخروطی بهره‌گیری کنند.

ب ــ تراشیدن دندانه‌های چرخدنده‌های مخروطی ساده (لبه مستقیم) با ماشینهای مولّد آن‌ها: برای ماشینکاری شیارهای دنده، چرخدنده‌های مخروطی ساده (یا لبه مستقیم) و همچنین انواعی از آن‌ها که دارای دندانه‌هائی با لبه‌های مورّب و قوس‌دار هستند از ماشین‌هائی که مختص اینگونه عملیات طرّاحی و ساخته میشوند و به «مولّدها یا ژنراتورهای دنده مخروطی Bevel" "Gear Generators شهرت دارند استفاده می‌کنند و با پیشرفت‌هائی که در ساختمان و طرز کار آن‌ها بعمل آمده بنوبه خود دارای نمونه‌های گوناگونی میباشند و اصول عملکرد تعدادی از گونه‌های رایج‌ترشان را باختصار بیان میداریم که عبارتند از:

(۱) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با دو ابزار «رندیدن» شیارهای دنده

«شکل ۲۴ ــ ۹» چگونگی طرز عمل دو ابزار فرم‌دار رنده کننده شیارهای چرخدنده مخروطی ساده را نشان میدهد و روشی است که میتواند برای تراشیدن انواع بزرگتر این گونه چرخدنده‌ها با گام‌های درشت‌تر کاربرد داشته باشد. بدنه چرخدنده خام که هنوز بر روی آن دندانه‌ای بوجود نیامده است روی محوری تحت زاویه معینی نسبت به مسیر رفت و آمد ابزارها محکم سوار می‌شود و گهواره‌ای که ناقل دو ابزار است و برایش حرکتی «نوسانی» یا «گهواره‌ای» بوجود آمده در طول کورس قابل تنظیمی که منجر به رندیدن کامل عرض دنده مخروطی خواهد شد رفت و آمد می‌کند و مسلماً حرکت غلطشی هم میبایست توسط کار بوسیله محورش، انجام شود تا بدین ترتیب تقسیم فواصل دنده‌ها هم صورت گرفته باشد و مکانیزمی که



Operation of two tools in cutting straight-tooth bevel gears (*a*) and general view of tool (*b*)

(شکل ۲۴ ــ ۹) شکل‌های نشان دهنده ناحیه ماشینکاری دنده‌های چرخدنده مخروطی ساده با ماشین مولّد یا تولید کننده نوع دارای «دو قلم رنده‌کاری»

شکل (a) نحوه عمل دو ابزار در تراشیدن چرخدنده مخروطی دنده مستقیم

شکل (b) نمای عمومی ابزار (که با عبور داده شدن ۵ پیچ از سوراخهای قلاویز شده‌اش به گهواره رفت و آمدی ماشین محکم می‌شود و ابزارها جهت آمد و رفتشان عکس یکدیگر است و بر روی شکل (a)، اعداد نشان‌دهنده این قسمت‌ها میباشند: ۱ ــ چرخدنده خام که در حال دندانه‌دار شدن است ۲ ــ گهواره ابزار بند نوسانی ۳ ــ رنده‌های دنده‌تراش

در داخل ماشین به محور کار ارتباط دارد عهده‌دار اجرای این خواسته میباشد. ابزارها دقیقاً لازمست با ماشین‌های سنگ ابزار تیزکنی ویژه‌ای فرم مقطع مطلوبی را قبلاً بدست آورده باشند و در شرایطی که کُند شوند از گهواره ماشین مولّد دنده مخروطی جدا شده و مرمّت یا تعویض می‌گردند.

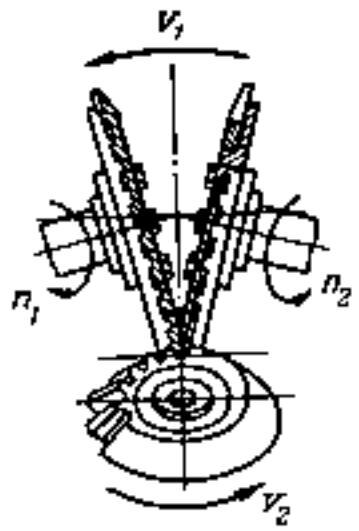
(۲) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با دو ابزار «دوّار» تراشنده شیارهای دنده

این نوع تولید چرخدنده‌های مخروطی لبه مستقیم، معمولاً میتواند برای چرخدنده‌های بزرگ و گام زیاد (اگر اندازه‌هایشان با سیستم میلیمتری باشد جهت دنده‌های مدول بالا) کاربرد داشته باشند.

ابزارهای دوّار سوار شده روی «دیسک‌های ابزارگیر چرخان» حول محورهای جداگانه ولی با دور مساوی و نیز سوی چرخش یکسان، دوران می‌کنند و هر کدامشان یک سطح پروفیل شیار یک دنده و مجموعاً دو طرف مسیر درست شدن منحنی‌های بغل دندانه‌ها را برادەبرداری می‌نمایند و بدین ترتیب چنانچه عمل تقسیم دنده توسط مکانیزمی که دو محور دوّار را با هم وادار به تغییر مکان سمتی (باتوجه به فلش V_1 از روی «شکل شماره ۲۵ ــ ۹») می‌کند و همچنین

چرخدنده خام را نیز می‌چرخاند، در واقع برای مجموعهٔ آن‌ها «حرکت غلطشی تقسیم دنده» را سبب می‌شود، صورت گیرد، تدریجاً دندانه‌ها شیارشان بر روی سطح جانبی قطعه کار تراشیده خواهند شد و مسلماً با تنظیم دقیق نسبت‌های دوران یا چرخش حرکات غلطشی ابزارها و کار و بالابردن دقت عمل فرم دادن به رنده‌های تراشکاری مستقر شده در دیسک دوّار، قادر خواهند بود چرخدنده‌های مخروطی مطلوب را شکل دهند.

لازم به توضیح است که با بوجود آوردن تغییراتی میتوانند از ماشین‌های مبتنی بر اصول بالا برای تولید چرخدنده‌های مخروطی با دندانه‌های «لبه مورّب» که تعدادی از انواع آن در «شکل ۳۲ ــ ۹» نشان داده شده است نیز بهره‌گیری کنند.



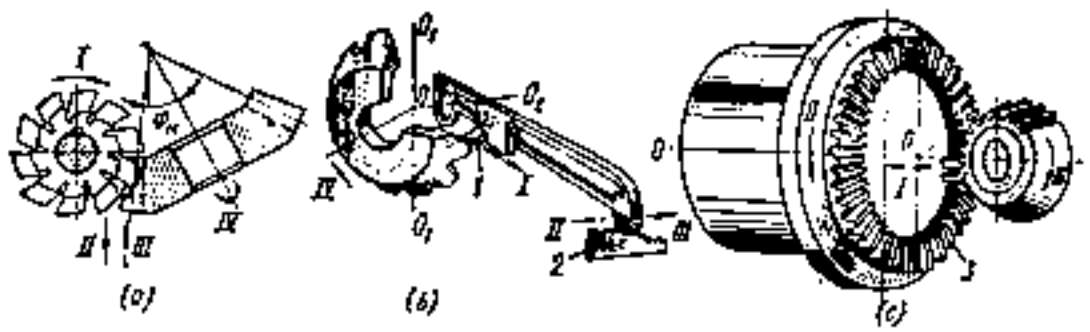
(شکل ۲۵ ــ ۹) شکل شماتیکی اصول تراشیدن شیارهای یک چرخدنده مخروطی با دندانه‌های «لبه مستقیم» بکمک «دو دیسک ابزارگیر دوّاره» در ماشین‌های مولّد دنده‌های مخروطی

(۳) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با «یک ابزار رنده کاری» و استفاده از «شابلُن دنده»

در این طریقه برای تراش‌دادن شیار دنده مخروطی مورد نظر از «یک ابزار رنده‌کاری» که حرکتی رفت و آمدی دارد و دنباله ابزارگیر آن از انحنای پروفیل یک صفحه شابلن مقطع دنده تبعیّت می‌کند، استفاده می‌نمایند. حرکت تقسیمی فواصل دندانه‌ها نیز در مکانیزم داخلی ماشین و مرتبط به کار و ابزارگیر اجراء می‌شود و چون شابلن یا الگوی نصب شده در دستگاه، دقیقاً پروفیل دندانه‌های چرخدنده مخروطی خواسته شده را داراست، لذا دندانه‌های تولیدی با ماشین مولد دنده مخروطی مجهّز به ادوات فوق‌الذکر دارای کیفیت بهتری نسبت به انواع فرزکاری شده با ماشین‌های فرز و دستگاه‌های تقسیم انبورسال میباشند. (شکل‌های «b ۲۶ ــ ۹» و نیز «شکل ۲۹ ــ ۹» از ردیف دوّم و سمت چپ) نمایانگر اصول اجرای این روش تولید چرخدنده‌های مخروطی میباشند.

توجه: اصولی که در مورد تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی در ۵ صفحه این مبحث بیان

شد با شکل‌های شماره: «۲۷ ــ ۹» تا «۳۴ ــ ۹» در صفحات بعدی تکمیل می‌گردند و همانطور که در متن قسمت‌های قبلی بیان گردید با بوجود آوردن دگرگونی‌هائی در مکانیزم‌های ماشین‌های مولّد دنده مخروطی، میتوانند گونه‌های مورّب این اجزاء ماشین مهمّ را که از مزایای بهتری در شرایط کاری برخوردار هستند نیز ایجاد کنند.

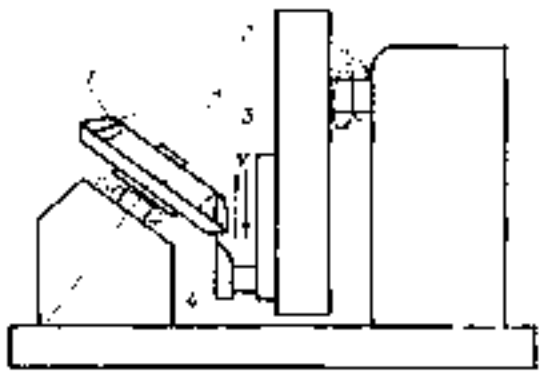


(شکل ۲۶ ــ ۹) شکل‌های «دیاگرامی» تراش چرخدنده‌های مخروطی با روش‌های مختلف شامل:

(a) ــ اصول تراشیدن شیارهای دندانه‌های چرخدنده مخروطی ساده یا لبه مستقیم با ماشین فرز و نیز دستگاه تقسیم انپورسال که ابزار تراشنده تیغه فرز فرم‌دار دنده تراش میباشد و بر روی شکل (a) جهت دوران تیغه فرز، جهت باردهی عمقی، جهت برگشت سریع تیغه فرز پس از تراش هر شیار به وضع اولیه و نیز جهت تقسیم شدن دنده یا دستگاه تقسیم نشان داده شده است.

(b) ــ اصول تراشیدن چرخدنده مخروطی با مولدی که به شابلن پروفیل دنده و سایر وسائل کپی دنده مجهز شده است و روی این شکل ۱ ابزار فرم تراش رفت و آمدی و ۲ شابلن را نشان میدهد جهات نوسان «یک ابزار» این روش و نیز سوی حرکت تقسیم غلطشی با فلش‌ها نمایانده شده است.

(c) ــ یکی از روش‌های تولید چرخدنده‌های مخروطی ساده یا لبه مستقیم که بر روی این شکل عدد ۳ چرخ دندانه‌دار مولّد دنده را نشان میدهد و در سمت راست آن چرخدنده خام در حالت دندانه‌دار شدن میباشد و ضمناً حرکات چرخشی محورهای آن‌ها که تقسیم غلطشی را سبب می‌شود مشخص گردیده است.



(شکل ۲۷ ــ ۹) اصول کار مولّد چرخدنده مخروطی «لبه مستقیم» که اعداد و حروف روی شکل نماینده مفاهیم زیر میباشند:

۱ ــ چرخدنده خام که هدف ایجاد دندانه بر روی سطح جانبی آن میباشد.

۲ ــ گهواره ناقل ابزارهای رفت و آمدی که خود توسط محور اصلی ماشین برای اجرای حرکت تقسیم دنده وادار به چرخش می‌شود.

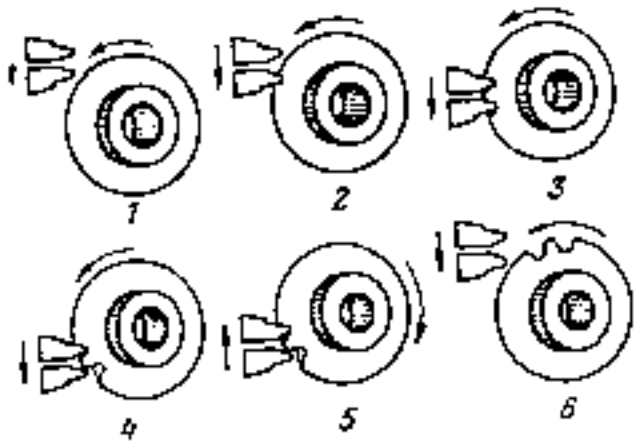
۳ ــ لغزنده ابزارگیر و سوار شده روی گهواره

۴ ــ ابزارهای فرم‌دار نوسان کننده در جهات مشخص شده با فلش

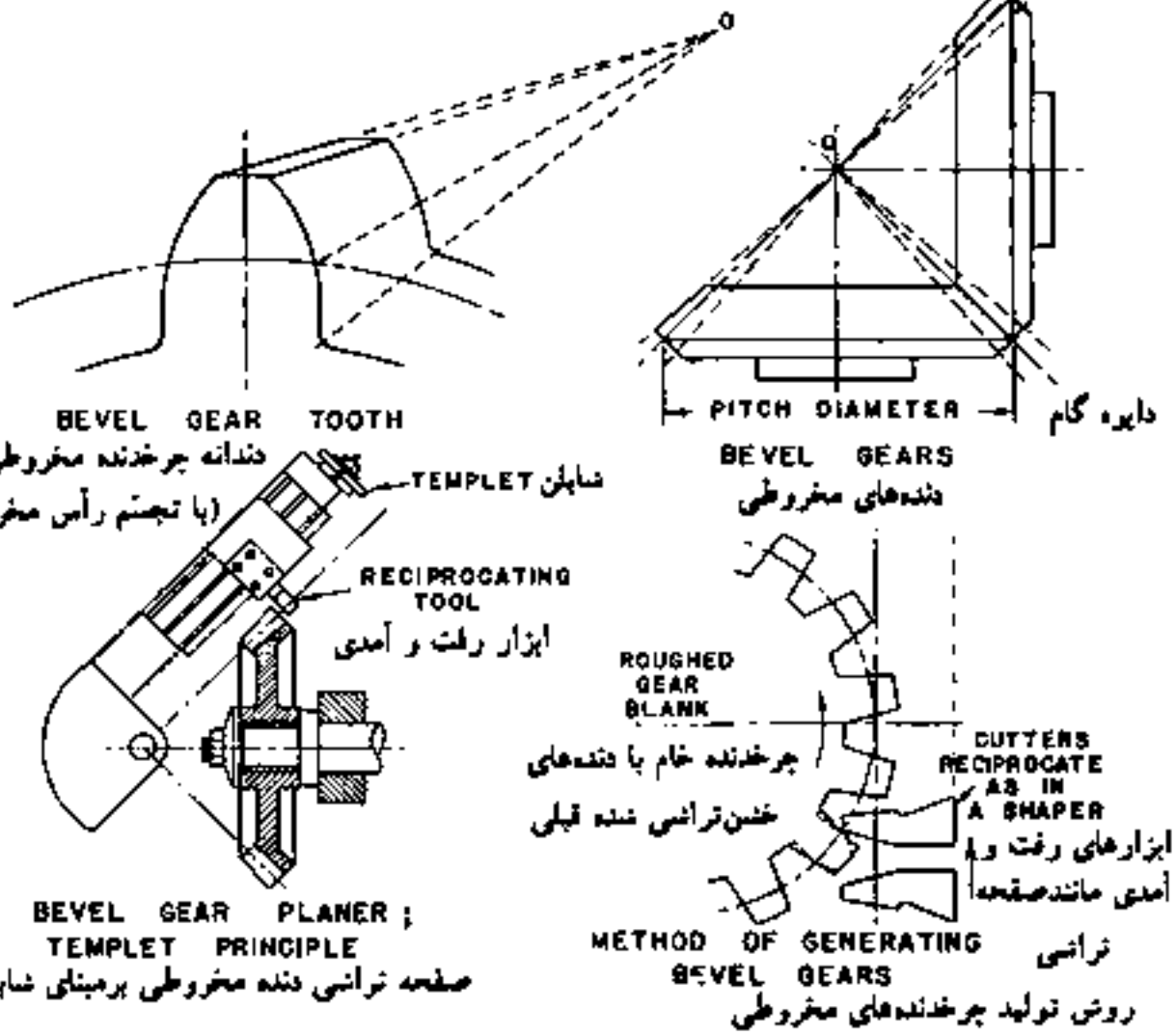
۷ ــ سرعت خطی رفت و آمدی ابزارها

n_1 = تعداد چرخش بر هر دقیقه محور کار که از داخل ماشین با محور گهواره مرتبط است و این نسبت دورها، حرکت غلطشی تقسیم کننده فواصل دنده را سبب میگردد.

n_2 = تعداد چرخش بر هر دقیقه محور اصلی ماشین که همراه خود قطعه ۲ را هم میچرخاند.



(شکل ۲۸ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی وضعیت‌های متوالی یا پشت‌سر هم دو ابزار رفت و آمدی برای تراشیدن شیارهای دندانه‌های چرخدنده مخروطی ساده یا لبه مستقیم بر روی بدنه چرخدنده خام (به جهت‌های حرکات برداری رنده‌ها و نیز جهت چرخش کار توجه شود)



Bevel-gear cutting.

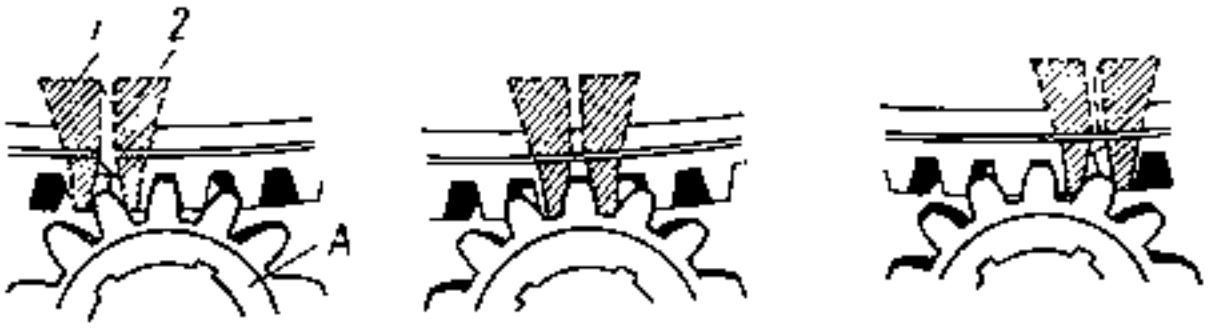
(شکل ۲۹ ــ ۹) شکل‌های نمایشگر اصول تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی با دو روش ازطرق متداول برای این منظور، چهار شکل فوق نشان دهنده قسمت‌های زیر میباشند:

(شکل بالا سمت چپ): نمای یک دندانه چرخدنده مخروطی لبه مستقیم

(شکل بالا سمت راست): دو چرخدنده مخروطی ساده درگیر با هم از لحاظ نمایش هندسی آنها که زاویه بین محورهایشان ۹۰ درجه بوده و یا اصطلاحاً محورهای «متقاطع متعامد» دارند.

(شکل پائین سمت چپ): اصول صفحه تراشی دنده مخروطی با «یک ابزار» برمبنای روش استفاده از شابلن یا «الگوتراشی دنده»

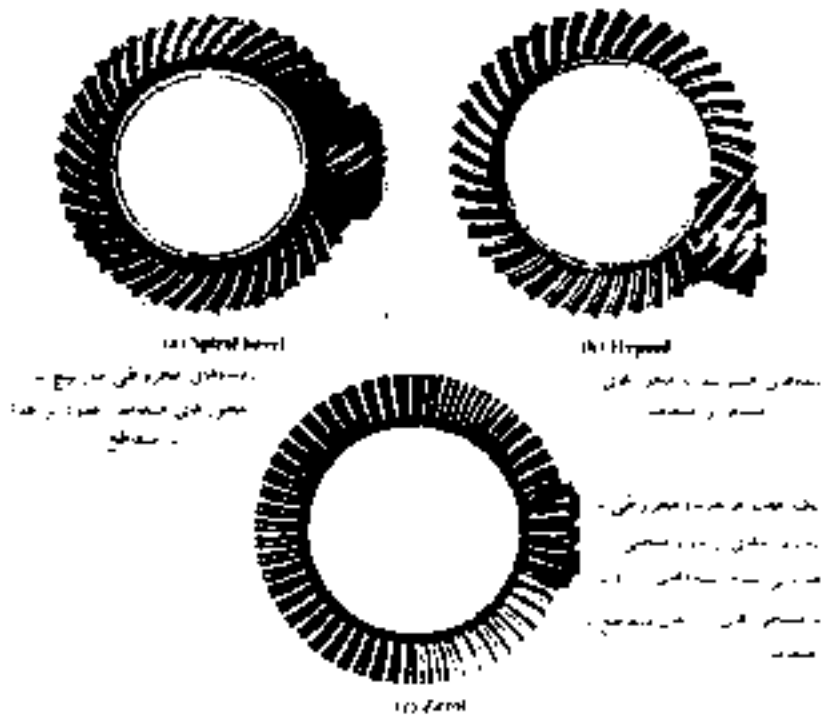
(شکل پائین سمت راست): روش تولید چرخدنده مخروطی با «دو ابزار رفت و آمدی»



Generating straight bevel gears with two reciprocating tools

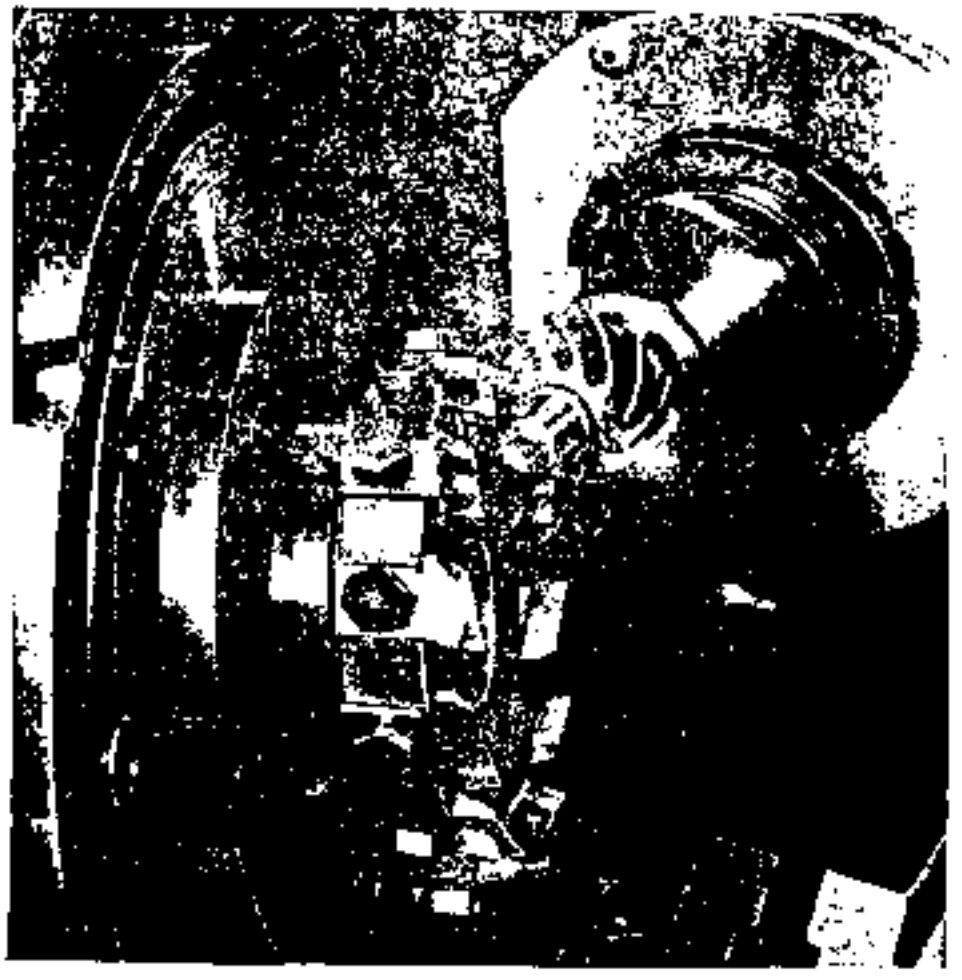
(شکل ۳۰ ــ ۹) شکل‌های دیگری برای نشان دادن «تولید چرخدنده‌های مخروطی لبه مستقیم با دو ابزار نوسانی» که مراحل اجرای آن با ابزارهای ۱ و ۲ نمایش داده شده است.

(شکل ۳۱ ــ ۹) یک جفت چرخدنده مخروطی ساده لبه مستقیم با زاویه تقاطع ۹۰ درجه



(شکل ۳۲ ــ ۹) انواع چرخدنده‌های مخروطی با لبه دندانه‌های مورّب که دو به دو یا سه جفت شده‌اند

(شکل ۳۳ ــ ۹) شکل ناحیه ماشین کاری دندانه‌های یک چرخدنده مخروطی ساده یـا لبه مستقیم بکمک یک نـوع ماشین اختصاصی «مولّد یا ژنراتور دنده مخروطی با دو ابزار رفت و آمدی»



(شکل ۳۴ ــ ۹) منطقه پراده برداری شیارهای دندانه‌های یک چرخدنده مخروطی و مارپیچ (مانند دنده پینیون در سیستم دیفرانسیل اتومبیل‌ها) بوسیله نوعی مولد دنده مخروطی تپه مورّب بنام ماشین «گلیسون [redacted] با ابزار دوّار دارای چندین تیغه تراشکاری دنده

فصل دهم

سنگ‌زنی

«مواد ساینده ــ سنگ‌زنی و ماشین‌های سنگ‌زنی»

"Abrasive Substances – Grinding and Grinding Machines"

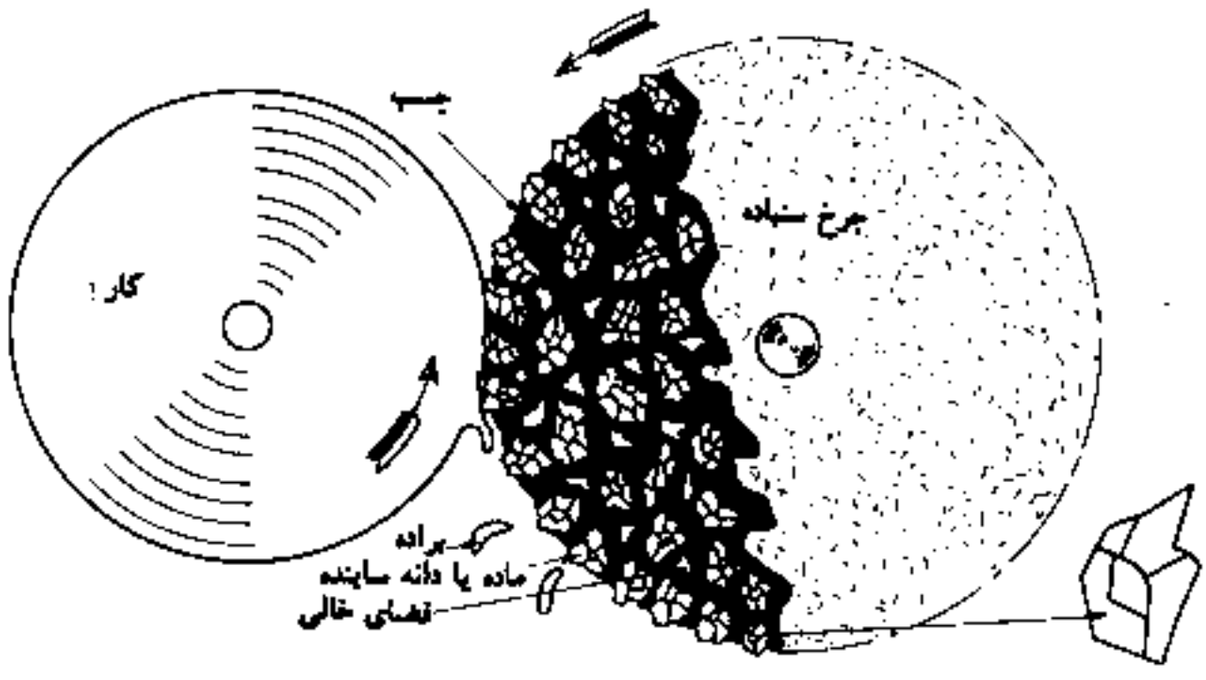
مقدمه: صیقلی کردن و سنگ زدن عبارتست از تراش فلزات توسط چرخ‌های سنباده که ابزار برش ماشین‌های سنگ‌زنی را تشکیل میدهند. در قدیم از چرخ سنباده‌هائی که از ماسه ساخته شده بودند برای تیز کردنِ ابزارهائی که جنس آن‌ها از فولاد کربن‌دار بود استفاده می‌کردند و مخصوصاً در موقع رفع معایب حاصله از عملیات حرارتی روی قطعاتی که در ساختمانشان فولادهای سخت شده بکار برده شده بود، لزوم این عمل کاملاً محسوس بود، زیرا بعلت جزئی بودن معایب، فقط قشر بسیار نازکی میبایست از رویشان سائیده میشد. صاف کردن و تراش فلزات بوسیله سنگ سنباده از دیر زمان در صنایع فلزکاری با همان روش‌های ابتدائی متداول بوده است تا آنکه در سال ۱۸۷۰ میلادی نخستین ماشین سنگ سنباده «گردسابه» با شکلی شبیه به انواع امروزی آن ساخته شد. این شیوه فلزسائی که مزایای زیادی را نیز بهمراه داشت در ماشین‌سازی برای خودش جا باز کرد و چون ضرورت زمان هم ایجاب میکرد، انواع مختلف ماشین‌های ساینده در کارخانجات طرّاحی و ساخته شدند.

چون میتوانیم سالهای ربع آخر قرن نوزدهم میلادی را دوران تکامل و متنوع شدن ماشین‌های بخار نصب شده در کارخانجات بعنوان یک موتور ثابت و محرک سایر ماشین‌آلات و نیز ایجادکننده قدرت در لکوموتیوهای بخاری که نیرومندترین وسائل نقلیه زمینی تا آن زمان محسوب میشدند و همچنین ظهور موتورهای احتراق داخلی بنزینی (توسط نیکلاس آگوست اتو Nikolass August Otto) در سال ۱۸۷۶، پیدایش و تکامل موتورهای درون سوز نوع دیزلی (توسط رودلف دیزل Rudolf Diesel) از سال ۱۸۹۳ بعد، و نیز تکمیل شدنِ تدریجی توربین‌های بخاری را در همان سال‌ها بدانیم، بنابراین کاملاً روشن بنظر میرسد که طرز کار مطلوب همگی این ماشین‌های گرمائی کاملاً به دقیق بودنِ اندازه و ابعاد قطعاتشان وابسته بود، طوریکه صدم‌های میلیمتر و هزارم‌های اینچ در عملیاتی مانند سنگ زدنِ میل‌لنگ‌ها نقش داشتند و ناچاراً سازندگان آن‌ها، تولید و ساخت ماشین‌های ساینده را در اولویت قرار دادند و بموازات آن شکل‌های متنوعی از مواد ساینده مصنوعی که چند نمونه از آن‌ها را از نقطه نظر تکنولوژی

موادشان تحت بررسی قرار خواهیم داد، و در طبیعت نظیرشان وجود نداشت مورد استفاده قرار گرفتند. دلیل آن هم این بود که مواد ساینده طبیعی که از قدیم کاربرد داشتند و اکثراً از ماسه و کوارتز تشکیل شده بودند، بعلّتِ عدم تجانس ساختمان و سائیده شدنِ سریع، برای پرداخت کاری چندان تناسبی نداشتند و روی همین اصل بمرور زمان جای خودشان را به مواد ساینده مصنوعی دادند و تقریباً از سال ۱۸۹۳ که کوره‌های الکتریکی متناسبی برای این منظور ساخته شد، امکانات تولید و ساختِ مواد ساینده‌مصنوعی نیز عملاً فراهم گردید.

بررسی تکنولوژی «سنگ‌زنی» و «ماشینکاری سایشی»

بطور کلّی، برداشتن فلزات یا مواد دیگر از روی قطعات کار مربوطه، بفرم تراشه‌ها و ذرات بسیار ظریف، توسط لبه‌های بُرنده فوق‌العاده کوچک «ساینده‌ها» را فرایند تولید سایشی گویند. در حالتی که دانه‌بندی ساینده‌ها، مخصوصاً انواع مصنوعی آن، که به شکل کنترل شده‌ای برای این منظور بکار گرفته شده باشد، دارای محدوده عملکرد بسیار گسترده‌ای خواهد بود و علاوه بر آن که ممکن است با این روش‌ها، خشن‌تراشی و برادەبرداریهای سایشی قابل ملاحظه‌ای را اجراء کرد، امکان بوجود آوردن پرداخت‌ترین سطوح تا مرحله صیقل نهائی نیز در ردیف کارهای اجراء شدنی با این تکنولوژی در حال توسعه قرار دارد. در عملیات سنگ‌زنی که اغلب از چرخهای سنباده گوناگون استفاده می‌کنند، در واقع ابزاری را بکار میبرند که مجموعه‌ایست از «ذرات ساینده و چسب دربرگیرنده آن‌ها» و هر کدام از ذرات ساینده درگیرشونده با سطوح کار در

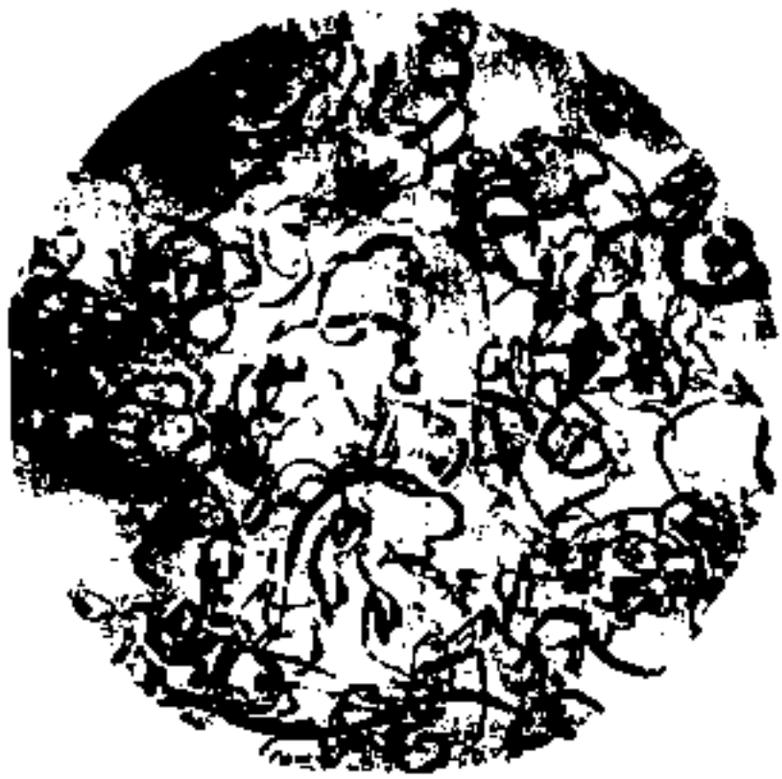


(شکل ۱ ــ ۱۰) ساختمان عمومی چرخ سنباده و نحوه عمل یک دانه ساینده (با شکلی شماتیکی که خارج از اندازه طبیعی بزرگتر نشان داده شده است و ذره ساینده را لابلای چسب محاط بر آن نمایان می‌سازد)

حال سنگ‌زنی را میتوانیم بمنزله یک «رنده کوچک فلزتراشی» بشمار آوریم.

علاوه بر آنکه در سنگ‌زنی کیفیت صافی سطوح کار، کاملاً قابلیت کنترل شدن را دارد، آن‌ها را میتوان با اندازه‌های بسیار دقیق و با «تلرانس خیلی کم» ساخت و تولید نمود. چنانچه هدف از بکار بردن مواد ساینده تراشه‌برداری سریع و در عین حال بمقدار زیاد، جهت ایجاد فرم مطلوب «با اندازه‌ای تقریبی» باشد، چنین عملی را «ماشینکاری سایشی» می‌نامند.

بنابراین در سنگ‌زنی، ماشینکاری سایشی و همچنین عملیات پرداخت‌کاری در حالیکه همگی از مواد ساینده متناسب با شرایط کاریشان بهره‌گیری می‌کنند، از نقطه نظر نتایجی که در خاتمه کار عاید می‌سازند با هم تفاوت‌های فاحشی را دارا خواهند بود. شکل شماتیکی (۱ ــ ۱۰) نشان‌دهنده ساختمان عمومی چرخهای سنباده و نیز طرز عمل یک دانه ساینده میباشد.



(شکل ۲ ــ ۱۰) شکل واقعی براده‌های ظریف تولید شده از یک قطعه کار بوسیله عملیات سنگ‌زنی که بکمک ذره‌بین با درشت نمائی کافی بوجود آمده

مزایای سنگ‌زنی و سنباده‌کاری قطعات کار

بطور کلّی عملیات سنگ‌زنی و سنباده‌کاری، نسبت به سایر روشهای براده‌برداری با ابزارهای فلزتراشی دارای مزایائی بقرار زیر میباشند:

۱ ــ چون ذرات مواد ساینده فوق‌العاده سخت هستند، لذا در شرایطی که هیچکدام از ابزارهای معمولی براده‌برداری قادر بکار نباشند، منحصراً میتوان از آن‌ها استفاده کرد.

۲ ــ چون بوسیله سنگها و چرخهای سنباده میتوان براده‌های بسیار ظریفی را از سطوح کار برداشت، لذا فشار وارده از ابزار بر کار بمراتب کمتر از فشار ابزارهای فلزتراشی بوده و بنابراین نه تنها تغییر فرم چندانی در قطعه کار بوجود نمی‌آورند، بلکه تاب‌خوردگی‌های ناشی از عملیاتی مانند آبکاری را قادرند با سنگ‌زنی مناسب برطرف سازند.

۳ ــ چون ابعاد براده‌برداری با سنگ‌زنی بسیار کوچک میباشد، بنابراین دقت‌های بالا را فقط از سنگ‌زنی باید انتظار داشت.

۴ ــ چون بکمک عملیات سنگ‌زنی و صیقل نهائی میتوان درجه صافی مطلوب را برای سطوح کار ایجاد کرد، لذا هیچکدام از سایر روش‌های ماشین‌کاری نمیتوانند مانند این فرایند، پرداختی مورد نظر را بوجود آورد.

جنس دانه‌های سنگ سنباده‌ها

مواد ساینده‌ای که جهت ساختن چرخها و سنگهای سنباده و سایر ابزارهای سنگ‌زنی و جلاکاری مورد مصرف دارند از نظر جنس بسیار متنوّعند ولی از لحاظ سهولت بررسی‌های تکنولوژی آنها را میتوان به دو دسته بزرگ زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱ــ مواد ساینده طبیعی «Natural Abrasive Substances» ــ این دسته از مواد عبارتند از:

(a) ــ امری Emery (b) ــ کراندوم Corandum (c) ــ الماس Diamond

۲ ــ مواد ساینده مصنوعی «Artificial Abrasive Substances» ــ که شامل تعداد خیلی زیادی از مواد ساینده خواهند بود و بعنوان مثال میتوان از: (a) ــ کربورهای ساینده (b) ــ آلومین نام برد. در سطور بعد، شرح خلاصه‌ای از ویژگی‌های مواد فوق‌الذکر را بیان می‌کنیم.

(a) ــ امری «Emery» ــ یا آلومین طبیعی عبارتست از اکسید آلومینیوم طبیعی با درجهٔ خلوصی در حدود ۵۵٪ تا ۶۵٪ که معادن آن در بسیاری از نقاط دنیا و از جمله در یونان و ترکیه و ایران وجود دارد. عیب عمده آن پائین بودن درجهٔ خلوص دانه‌های ساینده در سنگ طبیعی میباشد.

(b) ــ کراندوم «Corandum» ــ این ماده ساینده طبیعی نیز از انواع طبیعی اکسید آلومینیوم محسوب شده و درجه خلوص آن معمولاً ۷۵٪ تا ۹۵٪ بوده و در مناطق مختلفی مانند برزیل، کانادا و غیره دیده شده است.

(c) ــ الماس «Diamonds» ــ الماس‌هائی که بصورت ذرات ریز (گرد الماس) باشند، برای مواردی که بخواهند ابزارهای ساخته شده از کربورهای سمانته را که اصطلاحاً «الماسه» نامیده میشوند شکل دهند کاربرد خواهند داشت و بطور کلی الماس‌هائی که بعلت همراهی با

ناخالصی‌های مختلف رنگ مطلوبی برای جواهرسازی را نداشته باشند، بفرم قطعات کوچکی در نوک ابزارهای فولادی مخصوص تعبیه میشوند و از آن‌ها بسرای تیز کردن و اصلاح سطوح فرسوده شدهٔ چرخهای سنباده بهره‌گیری می‌کنند.

باید دانست که به غیر از مواد ساینده طبیعی فوق‌الذکر، انواع مختلفی از سنگهای سخت مانند: سنگ چخماق یا سنگ آتش‌زنه و سنگهای کوارتزی یافت میشوند که با توجه به جدول تجربی سختی مواد، ملاحظه میشود که در رده بالاتری نسبت به بسیاری از فراورده‌های فلزی قرار دارند و در نتیجه میتوانند روی پاره‌ای از فولادهای کوره‌کاری شده نیز عمل سایش را انجام دهند ولی همانطور که در مقدمه این بخش متذکر شدیم، عیب عمده آن‌ها غیر یکنواختی ذرّات متشکّله‌شان خواهد بود.

شرح تکنولوژی تهیه مواد ساینده مصنوعی

در این مبحث منحصراً به بررسی دو نوع ماده ساینده مصنوعی می‌پردازیم، ولی باید دانست که غیر از کربور سیلیسیم، در صنعت از کربورهای ساینده دیگری مانند کربور بُر بفرمول B_4C که بنام تجارتی نربید Norbide نیز نامیده میشود و سختی آن بسیار به الماس نزدیک شده است هم استفاده می‌کنند و همچنین ترکیب ازت یا نیتروژن با فلزبُر که در شیمی با علامت اختصاری B نمایانده میشود و ماده‌ای بفرمول BN را ایجاد می‌کنند و برای تهیه آن دمای بالائی را میبایست بوجود آورند، بفرم کریستالیزه جهت سنگ‌زنی ابزارهای بسیار سخت کاربرد دارد.

طرز تهیه کربور سیلیسیم SiC

سابقه ساختن این ماده ساینده که پر مصرف‌ترین دانه ساینده نیز میباشد به حدود سال ۱۸۹۱ برمی‌گردد که در آن سال شخصی بنام آچسون E.G.Acheson در حالی که سعی میکرد سنگهای قیمتی مصنوعی بسازد، موفق به یافتن روش تهیه کربور سیلیسیم (SiC) شد، بنابراین پیدایش اولیه آن شاید برحسب اتفاق صورت گرفته است. برای تهیه کربور سیلیسیم از کوره‌ای مخصوص که آجرهای نسوز آن دارای درز بوده و بدون ملات هستند استفاده می‌کنند و در داخل کوره ماسه ریز و گرد ذغال و خاک اره و نمک می‌ریزند و کوره از نوع الکتریکی خواهد بود. وجود ماسه یا سیلیس برای تهیه عنصر سیلیسیمی (Si) است که میخواهد در واکنش شرکت کند، گرد ذغال یا کک که در سالهای اخیر کک نفتی جایگزین آن شده است تأمین کنندهٔ عنصر کربن است، خاکه اره برای بوجود آوردن تخلخل بوده و نمک طعام یا کلرور سدیم کاربردش در مجموعه مزبور بعنوان ماده گدازآور یا کمک ذوب میباشد. درزهائی که بین آجرهای مفروش در کوره در نظر گرفته میشود برای آنست که گازهای ناشی از فعل و انفعالات شیمیائی که میتوان آن