- تهیه کننده:
- گروه نرم افزاری
- خاتم توس
-

# *Multi- Spindle*

# مقدمه

- چه چیز سبب پیشرفت و افزایش *Multi Spindle* ها شد؟

- همزمان از چندین ابزار استفاده شده و همچنین عملیات در یك سه نظام صورت مي‌گرفت، در نتیجه سرعت و کیفیت بالا خود به خود باعث پیشرفت این عملیات شد.

# تاريخچه

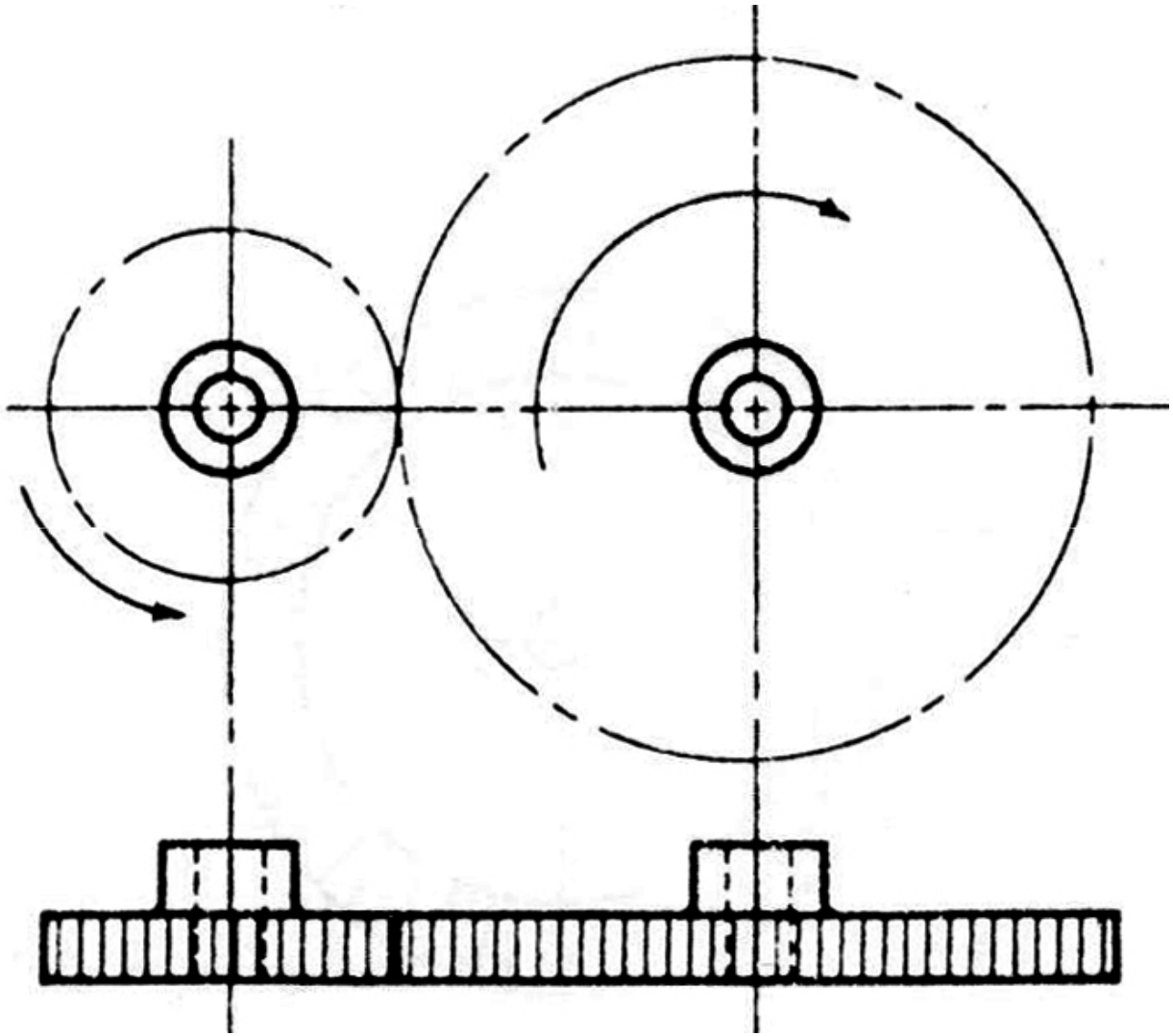
- اولين بار شركت مونارك ماشين در ۵۰ سال پيش در بريتانيا با بهره گرفتن از اين ماشين‌ها شروع به كار كرد و توانست با توليد قطعات زياد همراه با دقت بالا خود را در صدر رقباي آن زمان قرار دهد.
- اين شركت با ۱۲۰ ماشين (چند هرزگردي) و مساحتي در حدود ۱۵۰۰۰۰ فوت مكعب بنا شد و در صنايع خودروسازي ابزار برقي هيدروليك و الكترونيك شروع به كار كرد.

# پیش‌گفتار در ارتباط با پروسه دریل *Drilling*

- دو حرکت اصلي در براده‌برداري وجود دارد:
- ۱- حرکت کاري *Cutting Motion*
- ۲- حرکت باري *Feed Motion*
- **حرکت کاري**
- حرکتي است که عملیات برش در طي آن صورت مي‌گیرد.
- **حرکت باري**
- حرکتي است که باردهي انجام مي‌گیرد.

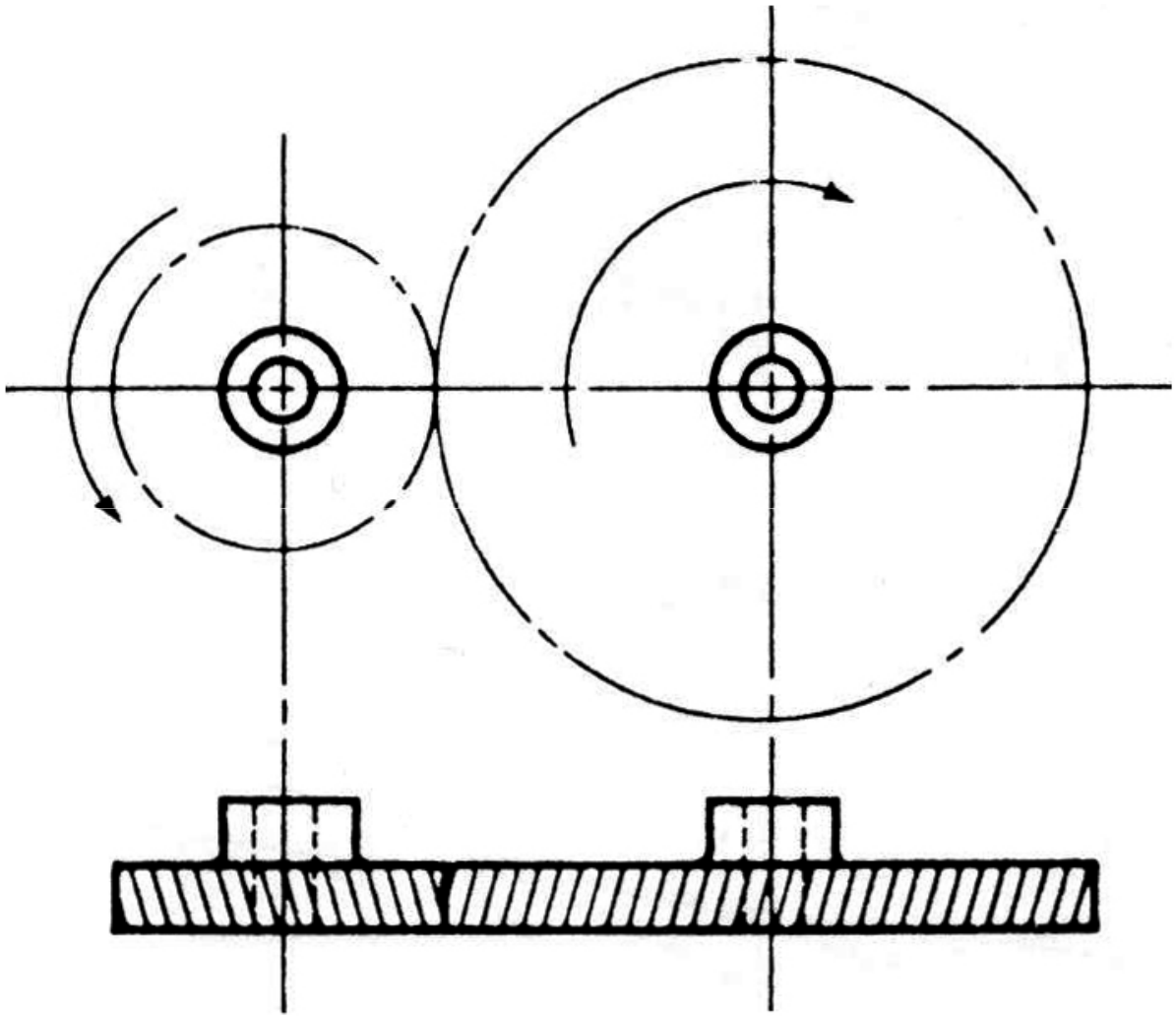
# معرفی قطعات کلیدی *Multi- Spindle*

- الف- چرخ‌دنده‌ها
- ۱- توضیح مختصر درباره چرخ‌دنده‌ها
- **چرخ‌دنده‌هاي صاف یا ساده** *Spur Gears*
- در شكل مي‌بينيم براي انتقال حركت از يك ميل محور به ميل محور موازي با آن به كار مي‌روند و دنده‌هاي آن‌ها با محورشان موازي است. از ميان همه گونه‌هاي چرخ‌دنده‌ها، چرخ‌دنده صاف، ساده‌ترين آن‌ها است.



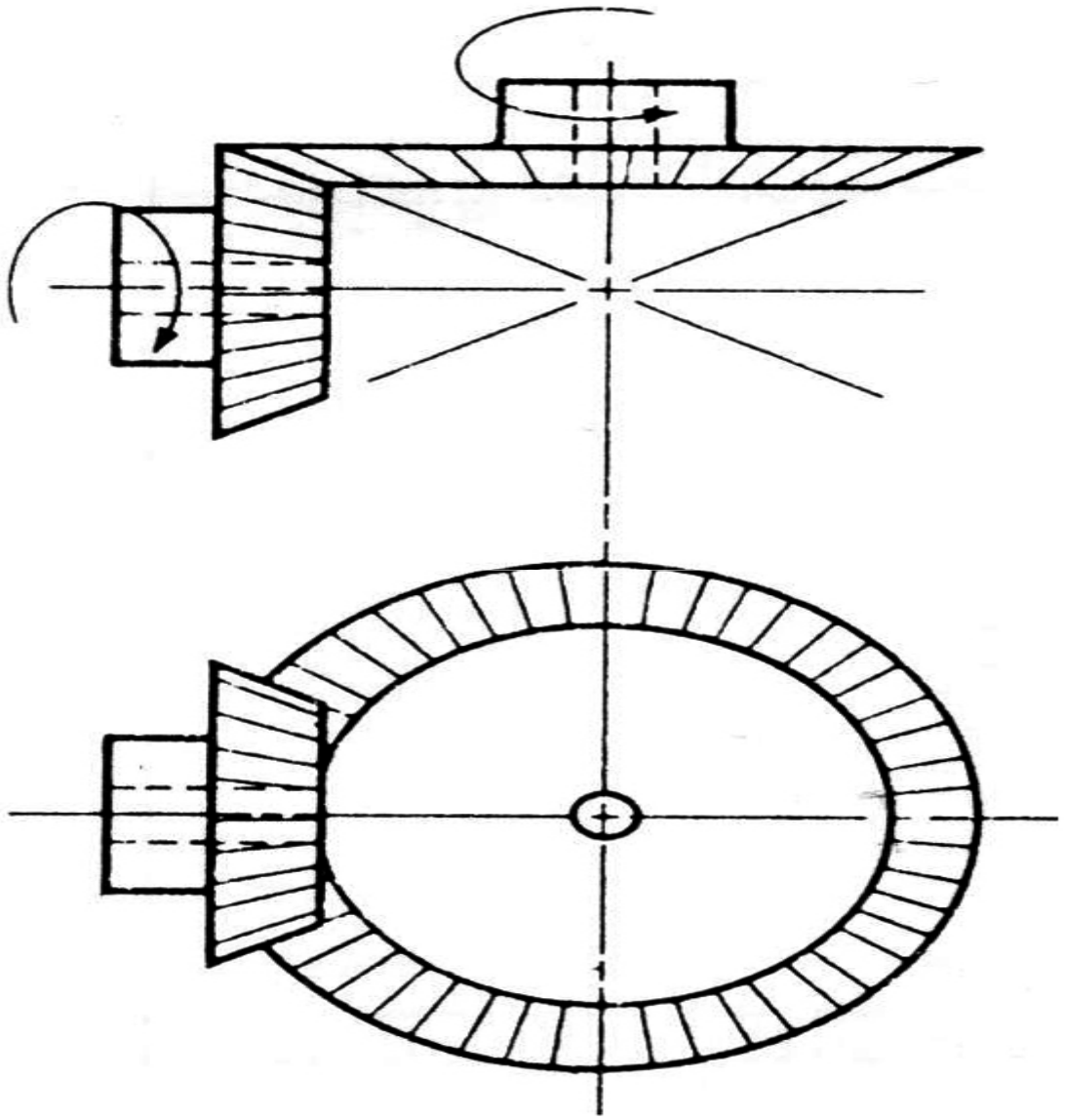
# چرخ‌دنده‌هاي مارپيچ *Helical Gears*

- در شكل ۲ مي‌بينيم، دنده‌هاي كجي نسبت به محور دوران چرخ‌دنده دارند. اين چرخ‌دنده‌ها را مي‌توان براي همان كاربرد چرخ‌دنده‌هاي صاف به كار برد ولي مانند آن‌ها پرصدا نيستند، زيرا درگيري دنده‌ها به تدريج رخ مي‌دهد.
- دنده‌هاي كج، بارهاي محوري و گشتاورهاي خمشي پديد مي‌آورند كه درچرخ‌دنده‌هاي صاف نداريم. چرخ‌دنده‌هاي مارپيچ گاهي براي انتقال حركت بين دو محور ناموازي (متنافر) به كار مي‌روند.



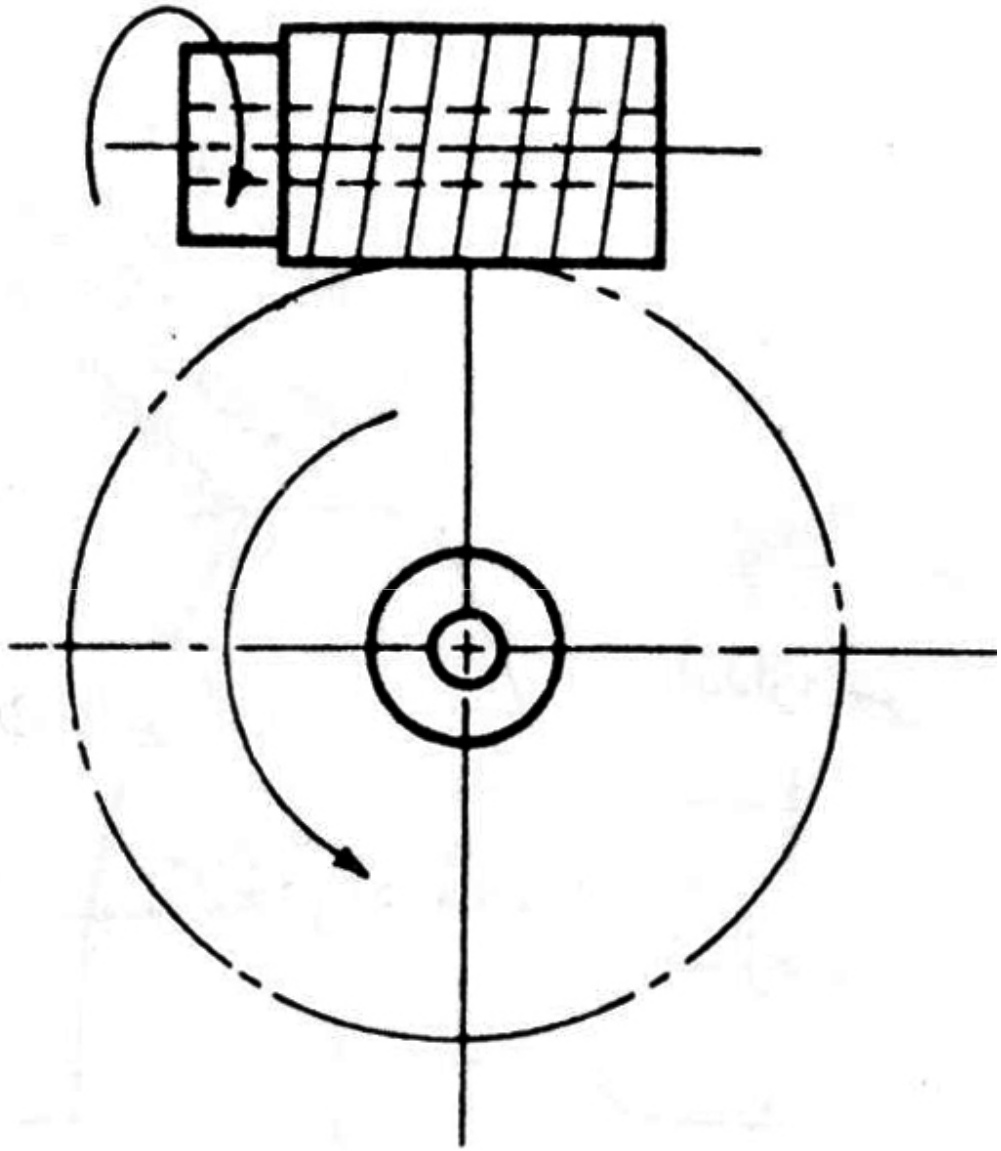
# چرخ‌دنده‌هاي مخروطي *Bevel Gears*

- در شكل ۳ مي‌بينيم، دنده‌هايي روي سطوح مخروطي دارند و بيشتر براي انتقال حركت بين ميل محورهاي متقاطع به كار مي‌رود.



# چرخ حلزون

- در شكل زير، نوع چهارم از انواع اصلي چرخ‌دنده‌ها را مي‌بينيد كه حلزون و چرخ حلزون است. چنان كه مي‌بينيد، حلزون شبيه يك پيچ است



# ۲- نحوه شکل دادن چرخ‌دنده‌ها

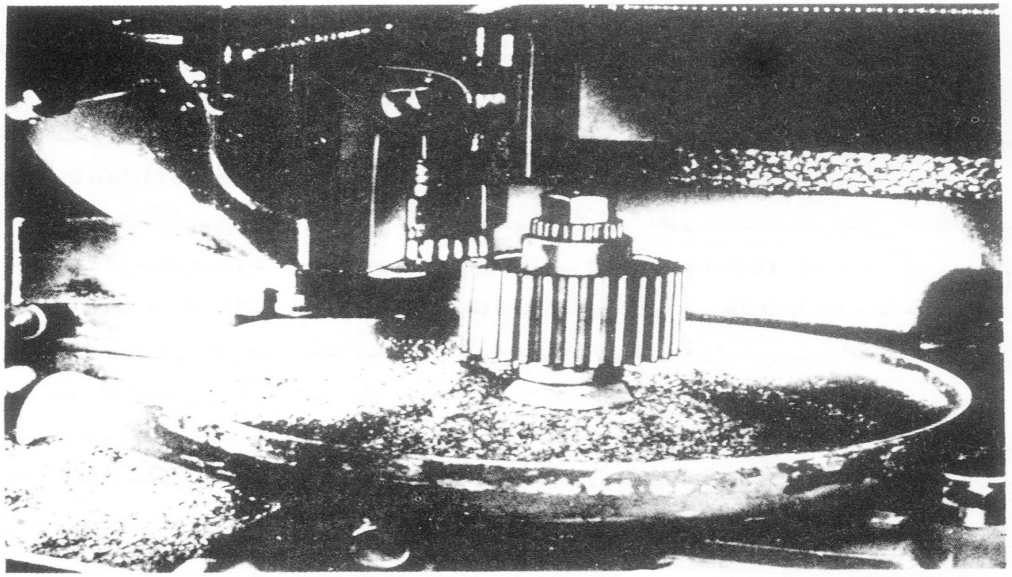
- براي شكل دادن دنده‌هاي چرخ‌دنده‌ها راه‌هاي بسياري وجود دارد؛ مانند ريخته‌گري با ماسه، قالب‌گيري پوسته‌اي*(Shell molding)*، ريخته‌گيري دقيق *(Investment casting)*، ريخته‌گري با قالب دايمي *(Permanent- mold casting)*، ريخته‌گري تزريقي *(die casting)* (اين روش معمولا براي فلزات غيرآهني مانند آلياژهاي آلومينيوم و برنج و برنز به كار مي‌رود) و ريخته‌گري به روش گريز از مركز*(Centrirugal casting)*دنده را مي‌شود با گرد فلزكاري (Powder metallury process) يا با روش حديده (extusion) درست كرد.

# فرزكاري *Milling*

- دنده چرخ‌دنده را مي‌شود با تيغه فرز شكل‌دار كه شكل فضاي بين دنده را ببرد، درست كرد. از نظر تئوريك با اين روش براي هر چرخ‌دنده نياز به تيغه برش جداگانه‌اي داريم. زيرا براي نمونه چرخ‌دنده‌اي كه ۲۵ دنده دارد، فضاي بين دنده‌هايش با چرخ‌دنده‌اي كه مثلا بيست و چهار دنده دارد، تفاوت مي‌كند.

# صفحه تراش *Shaping*

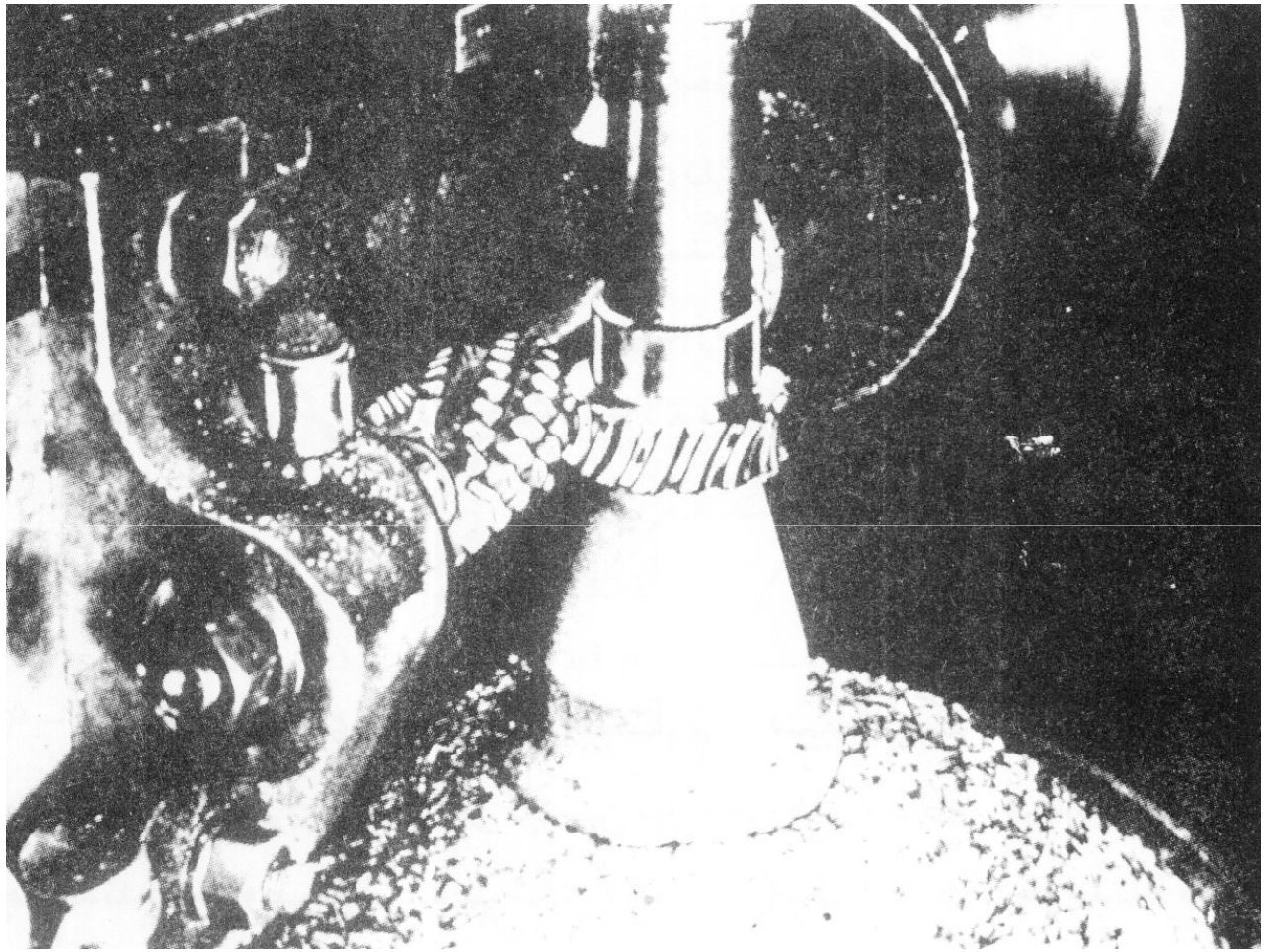
- دنده‌ها را مي‌شود با يك چرخ‌دنده كوچك يا يك ميله دنده‌دار درست نمود. چرخ‌دنده كوچك برش در راستاي محور قائم رفت و برگشت مي‌كند و آرام آرام در درون چرخ خام تا گودي لازم وارد مي‌شود.
- هنگامي كه دواير گام چرخ برش و چرخ خام به هم مماس مي‌شوند، هم چرخ برش و هم چرخ خام، پس از ضربه برشي اندكي دوران مي‌كند.



دندهٔ شانه برنده عمود بر صفحه
کاغذ رفت و بر گشت می کند

# برش با فرز حلزوني *Hobbing*

- فرز مارپيچ (Hob)، تنها يك ابزار برش است كه به شكلي مانند حلزون ساخته شده است. طرفين دندهها مانند ميله دندهدار تخت ميباشد، اما محور فرز حلزون بايد در امتداد زاويه هادي دوران نمايد تا دندههاي چرخدنده صاف (Spur Gear) را ببرد و به همين علت دندههايي كه با فرز حلزوني ساخته ميشوند كه با دندههايي كه توسط ميله دندهدار «دنده شانه» ساخته ميشوند، فرق دارند



# کارهاي تکميلي پرداخت نهايي Finishing

- چرخ‌دنده‌هايي که با سرعت‌هاي زياد کار مي‌کنند و نيروهاي بزرگي را منتقل مي‌نمايند، ممکن است زير نيروهاي ديناميکي ناشي از خطاهاي منحني «پروفيل» دنده‌ها نيز قرار گيرند. اين خطاها را مي‌شود تا اندازه‌اي با صيقل‌کاري و پرداخت کاهش داد. چند نوع ماشين دنده وجود دارد که با تراش جزيي فلز مي‌شود دقت منحني پروفيل دنده را تا ۶ رساند.

- صيقل‌كاري (Burnishing) و همين‌طور رنده كردن (Shaving) را براي چرخ‌دنده‌هاي به كار مي‌برند كه پس از برش دنده، هنوز كارهاي حرارتي روي آن‌ها نشده باشد. براي صيقل‌كاري، چرخ‌دنده‌هاي سخت شده با دنده‌هاي اندكي بزرگتر از اندازه با چرخ‌دنده ديگري درگير مي‌كنند و آن قدر دوران مي‌دهند تا سطوح آن نرم و صاف گردد

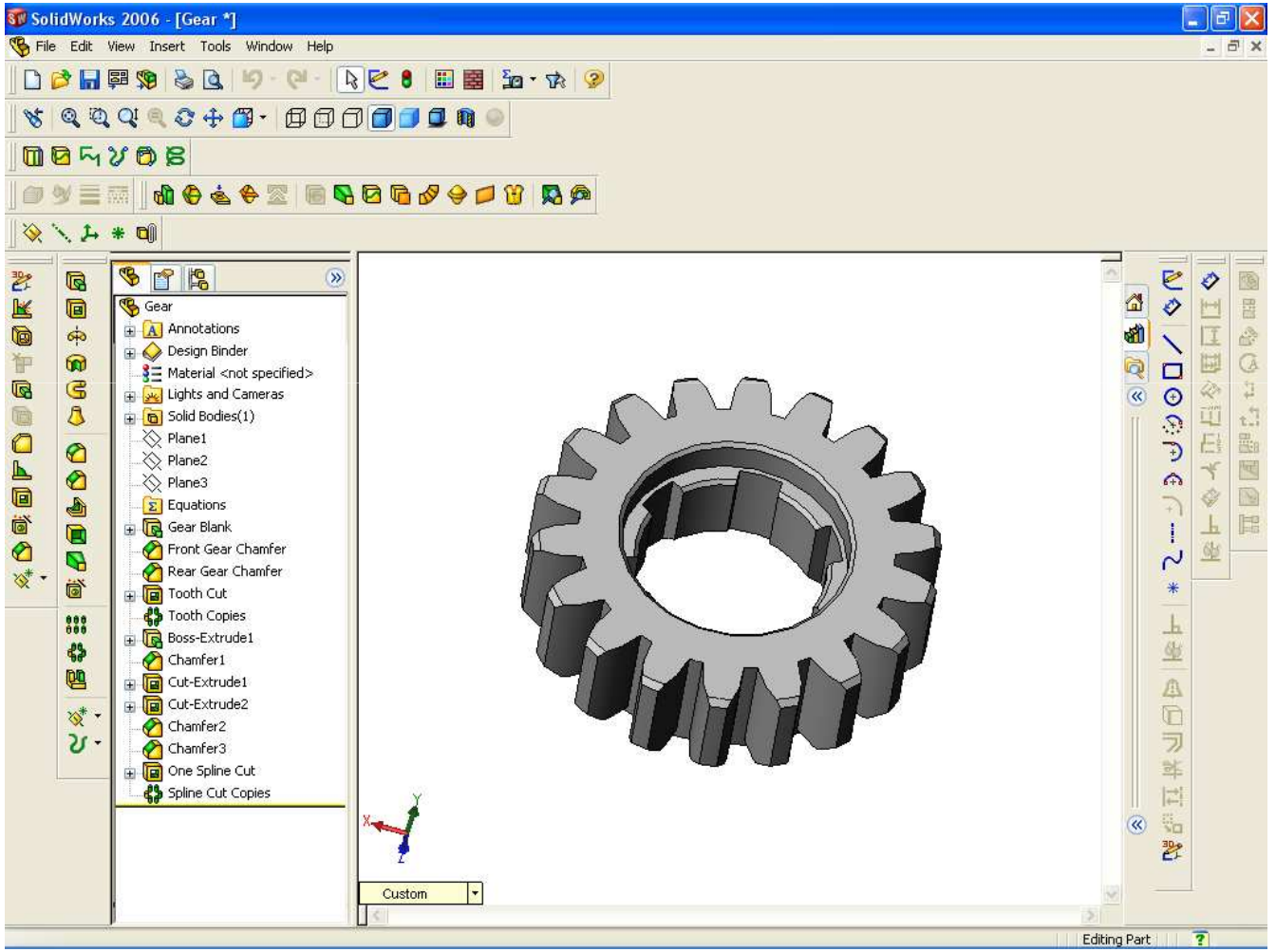
- سنگ‌زني (Grinding) و ليسه‌زني (با پودر روغن) (Lapping) براي دنده‌اي سخت شده پس از عمليات حرارتي به كار مي‌رود. در سنگ‌زني، اصول به وجود آمدن دنده را به كار مي‌برند و دنده بسيار دقيق ساخته مي‌شود. در ليسه‌زني، دنده‌هاي چرخ خام و چرخ ليسه‌زني به آرامي به طور محوري روي هم مي‌لغزند تا همه سطح دنده به طور يكنواخت ساييده شود

# بهترين چرخدنده وعلت حذف بقيه چرخدنده ها

- بهترين چرخدنده، چرخدنده مارپيچ مي‌باشد، چون خواسته ما از مولتي اسپندل ايده‌آل اين است كه بدون صدا و نرم و بدون هيچ گونه لرزشي كار كند كه با توجه به نحوه درگيري دو چرخدنده مارپيچ كه يكي چپ‌گرد و ديگري راست‌گرد به اين صورت هست كه برخورد آغازين دنده‌هاي چرخدنده‌هاي مارپيچ يك نقطه هست كه با درگيري تدريجي دنده‌ها به يك خط تبديل شده و خط درگيري در چرخدندهاي صاف موازي محور دوران هست.

- و حال آن كه در چرخ‌دنده‌هاي مارپيچ به صورت قطري روي سطح دنده‌هاست. همين درگيري تدريجي دنده‌ها و انتقال آرام آرام نيروها از يك دنده به دنده ديگر سبب مي‌شود كه انتقال بارهاي سنگين در سرعت‌هاي بالا با چرخ‌دنده‌هاي مارپيچ ساده‌تر باشد.

# مدلینگ در Solid



# متالوژي چرخدنده

- معمولا جنس چرخدندهها بايد از موادي باشند كه ترد و شكننده نباشد و اين خواسته تنها در يك صورتي به دست مي‌آيد كه به نظر ما بهترين ماده فوايد Ck45 مي‌باشد كه بعد از ماشين‌كاري اوليه، مرحله عمليات حرارتي پيموده و سمانسيون شود كه سمانسيون ck45 باعث مي‌شود كه سطح روتين آن سخت و محكم باشد، در صورتي كه مغز و هسته آن نرم مي‌باشد

# ب- شفت يا همان ميل محور

- **۱- توضيح درباره شفت**
- يك ميل محور *(shaft)*، عضو گردنده‌اي، معمولا با مقطع گرد است كه براي انتقال توان يا حركت به كار مي‌رود. اين قطعه، محور دوران يا نوسان اجزايي مانند چرخ‌دنده، قرقره، چرخ لنگر، لنگ، چرخ زنجير و مانند اين‌ها را تشكيل مي‌دهد و هندسه حركات آن‌ها را كنترل مي‌كند.
- يك ميل محور كوتاه *(spindle)*، ميل محوري است با طول كم، واژه‌هايي مانند *line shaft*، *stub shaft*، *transmission shaft*، *counter shaft* و ميل محور خمش‌پذير *(flexible shaft)*، نام‌هايي است كه به كاربردهاي ويژه مربوط مي‌شود.

- طرح يك ميل محور در حقيقت خيلي پس از كارهاي مقدماتي آغاز مي‌گردد. طراحي خود ماشين مبين اين است كه چرخ‌دنده‌ها، ياتاقان‌ها و اجزاي ديگر تا حدودي تحليل شده و اندازه‌ها و فضاي هر كدام، دست كم به طور آزمايشي تعيين شده‌اند. در اين مرحله بايد طرح را از نظر نكات زير بررسي نمود:

# ۱- میزان تغییر شکل و صلبیت

- الف- تغيير شكل خمشي؛
- ب- تغيير شكل پيچشي؛
- ج- خيز در تكيه‌گاه‌ها و اجزايي كه ميل محور را نگه مي‌دارند؛
- د- تغيير شكل برشي ناشي از بارهاي قيچي روي ميل محورهاي كوتاه؛
- **۲- تنش و مقاومت**
- الف- مقاومت ايستايي؛
- ب- مقاومت خستگي؛
- ج- قابليت اعتماد؛

- در بسياري از موارد، طراحي ميل محور همان مسأله انتقال گشتاور پيچشي از يك عضو به عضو ديگري روي ميل محور است اجزاي انتقال گشتاور پيچشي متداول اين است:
- - خارها و گوه‌ها *keys*؛
- - هزارخارها *splines*؛
- - پيچ‌هاي تثبيت *setscrews*؛
- - پين‌ها *pins*؛
- - انطباق‌هاي محكم و با فشار؛
- - انطباق‌هاي محكم مخروطي يا گوه‌اي؛

# ۲- نحوه ساخت شفت

- وسيله‌هاي مختلفي براي ساخت شفت وجود دارد، ولي بهترين آن دستگاه تراش مي‌باشد كه ابتدا به صورت خشن‌كاري روي يك ميل محور با قطر زيادتر انجام گرفته و سپس ميل محور به عمليات حرارتي رفته و بعد از آن توسط سنگ محور (خارج) روي آن سنگ خورده تا به آن قطري كه از طريق محاسبات تئوري به دست آمده برسيم و بعد از آن روي شفت بايد جاي خار درآيد كه اين كار مي‌تواند به صورت يك دستگاه فرز انجام شود هم به صورت دستگاه صفحه تراش ولي راحترآن همان دستگاه فرز مي‌باشد كه معمولا اين ميل محورها به صورت konic يا مخروطي ساخته مي‌شوند،

- چون قرار است نقش اسپندل را بازي كنند و قرار است به سه نظام بسته شوند و لازمه بسته شدن به سه نظام آن است كه به صورت konicباشند، به همين دليل به صورت يك مخروط ناقص ساخته مي‌شوند و همچنين چون قرار است روي آن جا يك چرخ‌دنده، دو عدد بلبرينگ و ۳ اسپندل وصل شوند و معمولا اسپندل در انتهاي آن وصل مي‌شود، بنابراين لازم است كه اين ميل محور به صورت سه پله ساخته شود.

# ۳- محاسبات شفت‌ها

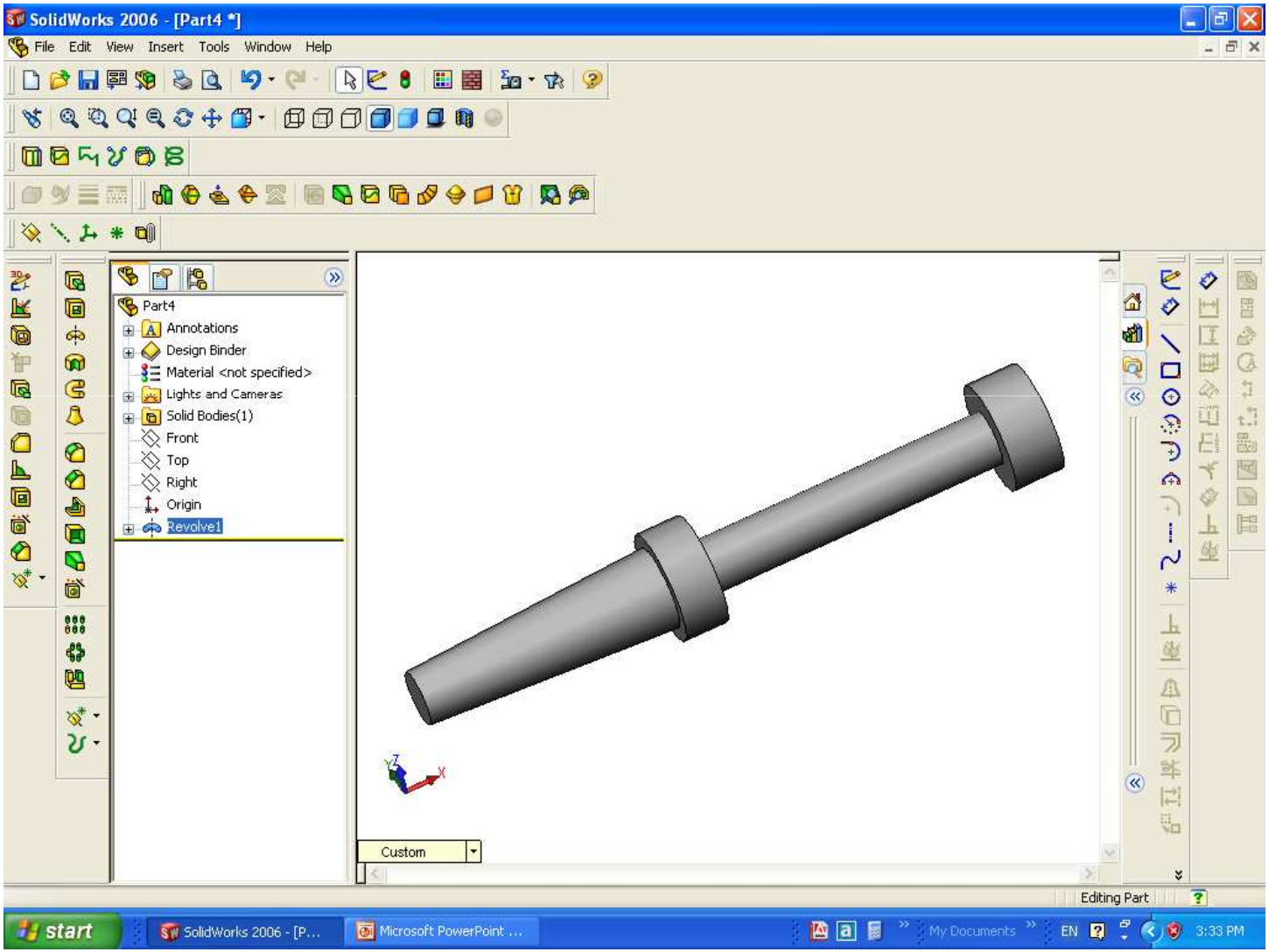
$$d = \left[ \frac{16n}{\pi S_y} \left( 4M^2 + 3T^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3 S_y} \left( 4M^2 + 3T^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

# ٥- متالوژي شفت‌ها

- بهتر است ميل محور به صورتي باشد كه مركز آن نرم باشد كه در برابر پيچش‌ها و خمش‌ها مقاومت كند، به همين دليل بهتر است از همان ck45 سمانته شده يا B0z سمانته شده استفاده كرد كه B0z براي شفت به دليل خاصيت ضدسايش بودن آن بهتر است.

# مدلینگ در Solid

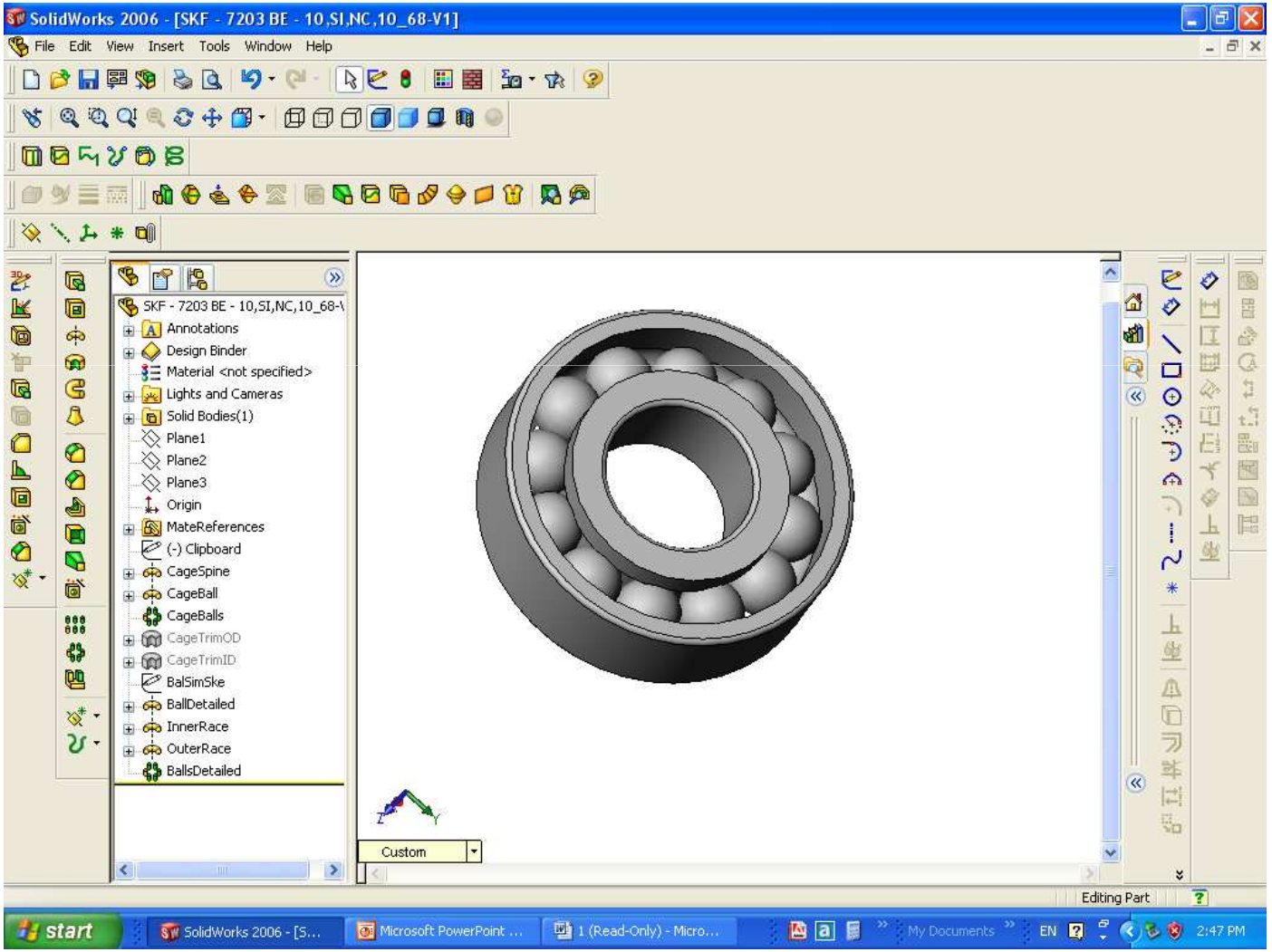


# بلبرينگ

- **۱- انتخاب تئوري**
- با توجه به نوع شفت انتخاب شده (قطر محاسبه شده) بايد بلبرينگ انتخاب كرد كه قطر داخل آن، اين اندازه باشد.
ولي اين يك شرط لازم و كافي براي انتخاب بلبرينگ نيست و يك شرط ديگر هم نياز داريم و آن اين است كه آيا بلبرينگ كه ما انتخاب كرده‌ايم بر اساس قطر درون و قطر پشت آن آيا اين بار محوري و شعاعي را تحمل مي‌كند و بر اين اساس است كه در كاتالوگ *SKF* ابتدا به دنبال آن بلبرينگ‌هايي مي‌گرديم كه باري را كه ما داريم، تحمل كند.

- سپس در آن جدول خاص به انتخاب بر اساس قطرهاي مطلوب مي‌پردازيم كه معمولا بلبرينگ‌هايي بايد استفاده نمود كه راستاپذير نباشند، چون اگر راستاپذير باشند، ديگر آن اسپندل‌هاي خروجي (شفت‌هاي خروجي) كه روي اين بلبرينگ‌ها فاصله‌شان از هم قابل تنظيم و دقيق نخواهد بود، بنابراين بايد از آن نوعي انتخاب كرد كه داراي اين مشخصات باشند. لازم به ذكر است كه در طراحي حتما به اين موضوع دقت كنيد كه آن چه شما مي‌خواهيد ممكن است در بازار نباشد، به همين دليل لازم است با يك فروشنده بلبرينگ مشاوره كرده و از وضعيت بازار آگاه باشيد.

۲- براي انتخاب به جدول و *Items*هاي موجود در *Solid* رفته و حتي مدلينگ آن را نيز خواهيم ديد.

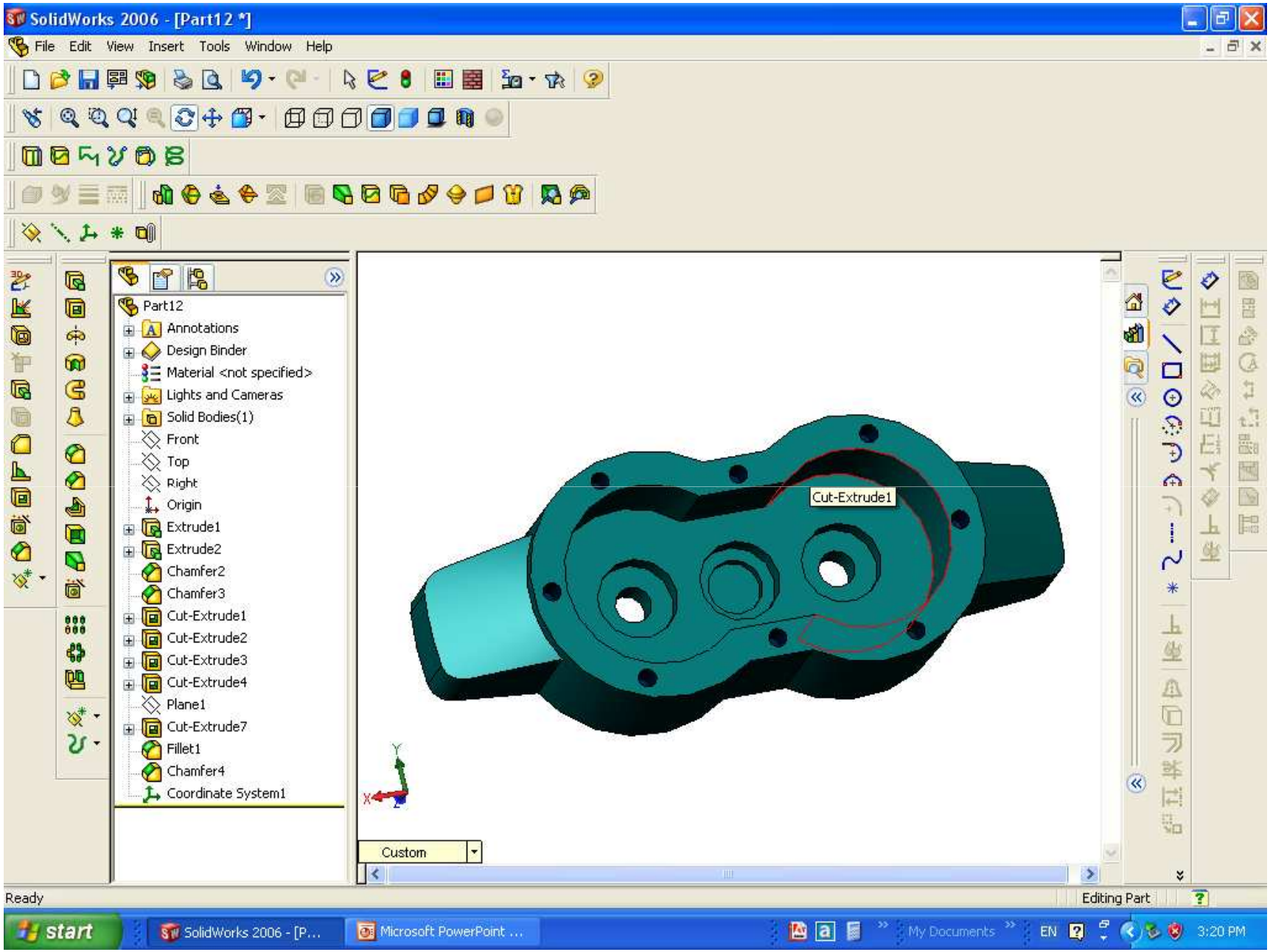


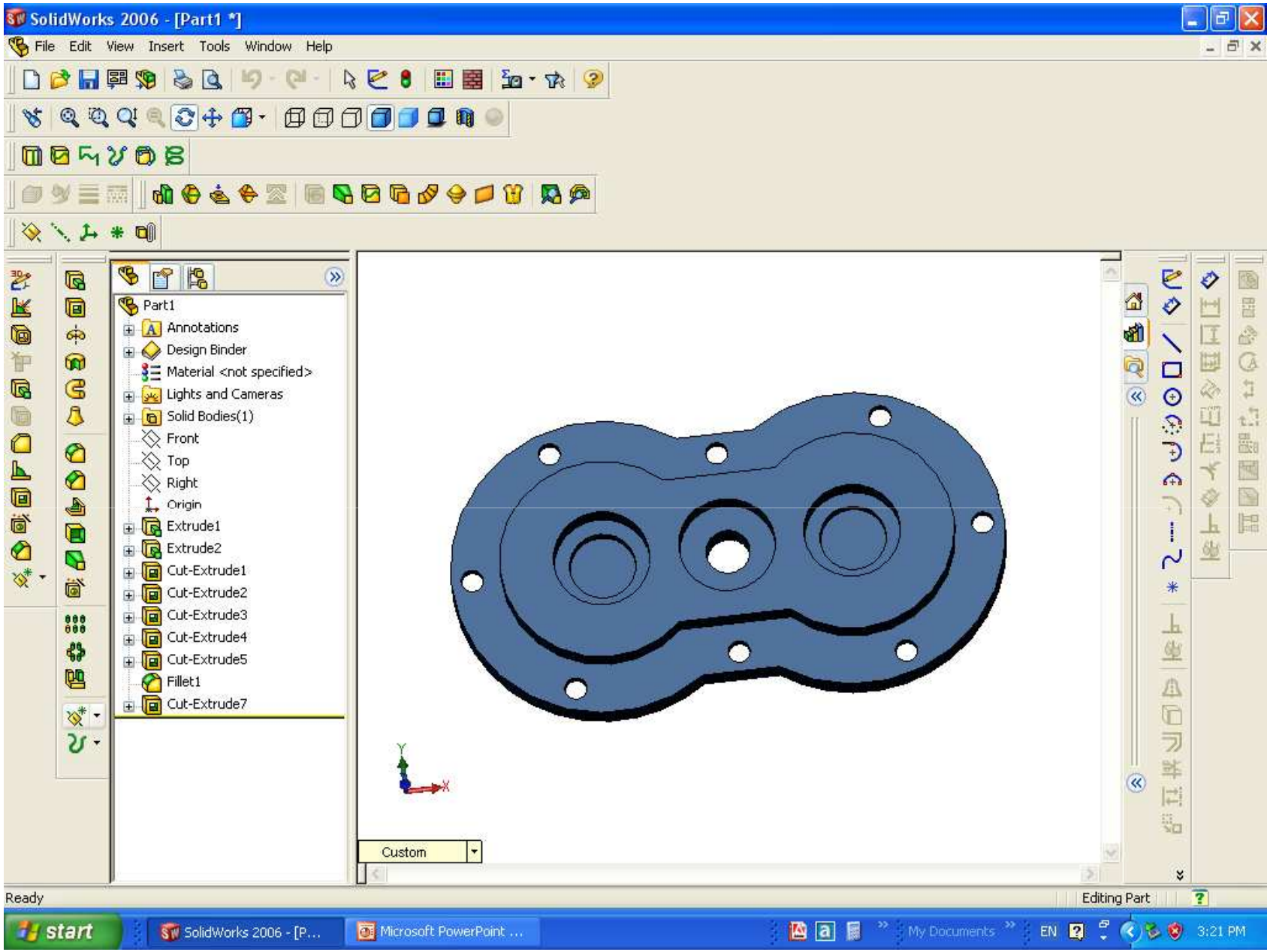
- ياتاقان‌هاي ميل محور چرخ‌دنده‌هاي مارپيچ تحت نيروهاي شعاعي و محور هستند و براي از بين بردن نيروي محوري و حتي خيلي زياد باشد، لازم است كه از چرخ‌دنده‌هاي دو مارپيچه استفاده نمود يا جناغي كه معادل دو چرخ‌دنده مارپيچ هستند كه با جهت مارپيچ مخالف هم كنار همديگر روي يك ميل محور سوار شده‌اند و چون عكس‌العمل‌هاي محوري آن‌ها مخالف هم است، همديگر را خنثي مي‌كنند.

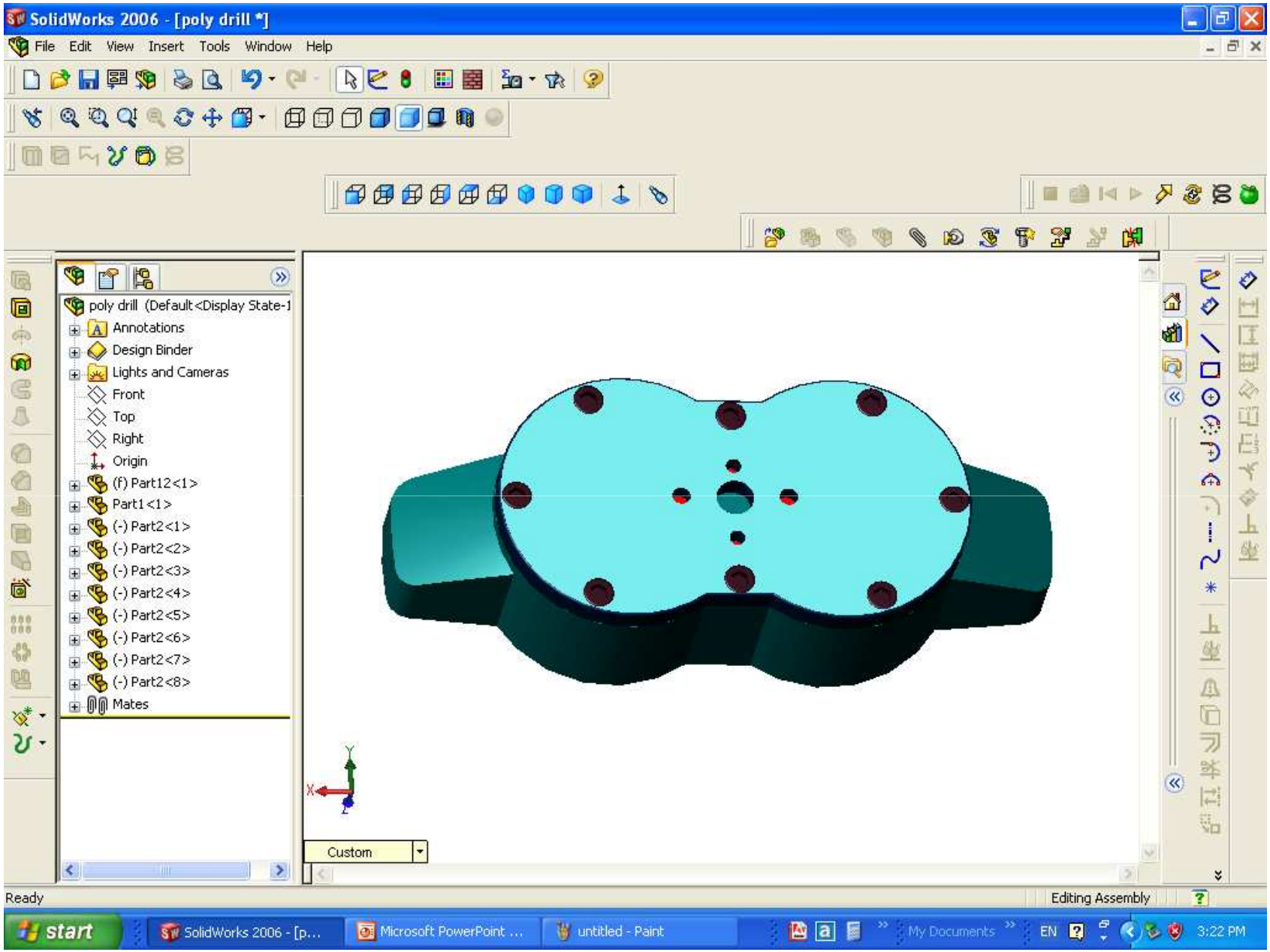
# كوپلينگ

- معمولا مولتي اسپندل‌ها يك ورودي (كه معمولا يك يونيت سوراخكاري است) مي‌باشند و چندين خروجي كه ورودي دور خود و سرعت و گشتاور خود را از دريل مي‌گيرد به همين دليل نياز هست كه يك مكانيزيمي طراحي كرد كه دور از اسپندل دريل به اسپندل مولتي اتصال دهد و آن هيچ مكانيزمي نيست به غير از كوپلينگ منظور از كوپلينگ يعني دو محور جدا از هم را توسط يك قطعه كه معمولا همانند يك كلاف هر دو محور را به خود مي‌گيرد، به همديگر وصل كرد.
- به اين منظور شفت ورودي را به گونه‌اي طراحي كرده كه بر روي بالاترين نقطه آن يك برآمدگي وجود داشته باشد. و سپس يك قطعه نيز به گونه‌اي طراحي كرد كه با اين درگير شود و زائده بالاي $A$ اين قطعه درون يك شفت خروجي از اسپندل شده و با اسپندل خروجي دريل با شفت و روي مولتي اسپندل با هم كوپل (درگير) مي‌شوند.

- طراحي بدنه
- *Multi- Spindle*


SolidWorks 2006 - [Part12 *]
File Edit View Insert Tools Window Help
Part12
Annotations
Design Binder
Material <not specified>
Lights and Cameras
Solid Bodies(1)
Front
Top
Right
Origin
Extrude1
Extrude2
Chamfer2
Chamfer3
Cut-Extrude1
Cut-Extrude2
Cut-Extrude3
Cut-Extrude4
Plane1
Cut-Extrude7
Fillet1
Chamfer4
Coordinate System1
Cut-Extrude1
Custom
Ready
Editing Part
start
SolidWorks 2006 - [P...
Microsoft PowerPoint ...
My Documents
EN
3:20 PM


SolidWorks 2006 - [Part1 *]
File Edit View Insert Tools Window Help
Part1
Annotations
Design Binder
Material <not specified>
Lights and Cameras
Solid Bodies(1)
Front
Top
Right
Origin
Extrude1
Extrude2
Cut-Extrude1
Cut-Extrude2
Cut-Extrude3
Cut-Extrude4
Cut-Extrude5
Fillet1
Cut-Extrude7
Custom
Ready
Editing Part
start
SolidWorks 2006 - [P...
Microsoft PowerPoint ...
My Documents
EN
3:21 PM


SolidWorks 2006 - [poly drill *]
File Edit View Insert Tools Window Help
poly drill (Default<Display State-1
Annotations
Design Binder
Lights and Cameras
Front
Top
Right
Origin
(f) Part12<1>
Part1<1>
(-) Part2<1>
(-) Part2<2>
(-) Part2<3>
(-) Part2<4>
(-) Part2<5>
(-) Part2<6>
(-) Part2<7>
(-) Part2<8>
Mates
Custom
Ready
Editing Assembly
start
SolidWorks 2006 - [p...
Microsoft PowerPoint ...
untitled - Paint
My Documents
EN
3:22 PM