روش های تولید چرخ دنده ها

- ریخته گری (Casting):
  - مناسب برای سرعت های پایین و دقت ابعادی مورد نیاز پایین
- فرم دادن (Shaping):
  - قطعات با تغییر شکل پلاستیک مواد تولید می شوند، روش هایی مانند:
    - **اکستروژن (چرخ دنده های آلومینیمی یا مسی)**
    - **تزریق پلاستیک (چرخ دنده های ترموپلاستیکی مثل نایلون و پلی کربنید)**
  - مناسب برای دقت های ابعادی متوسط و تولید انبوه

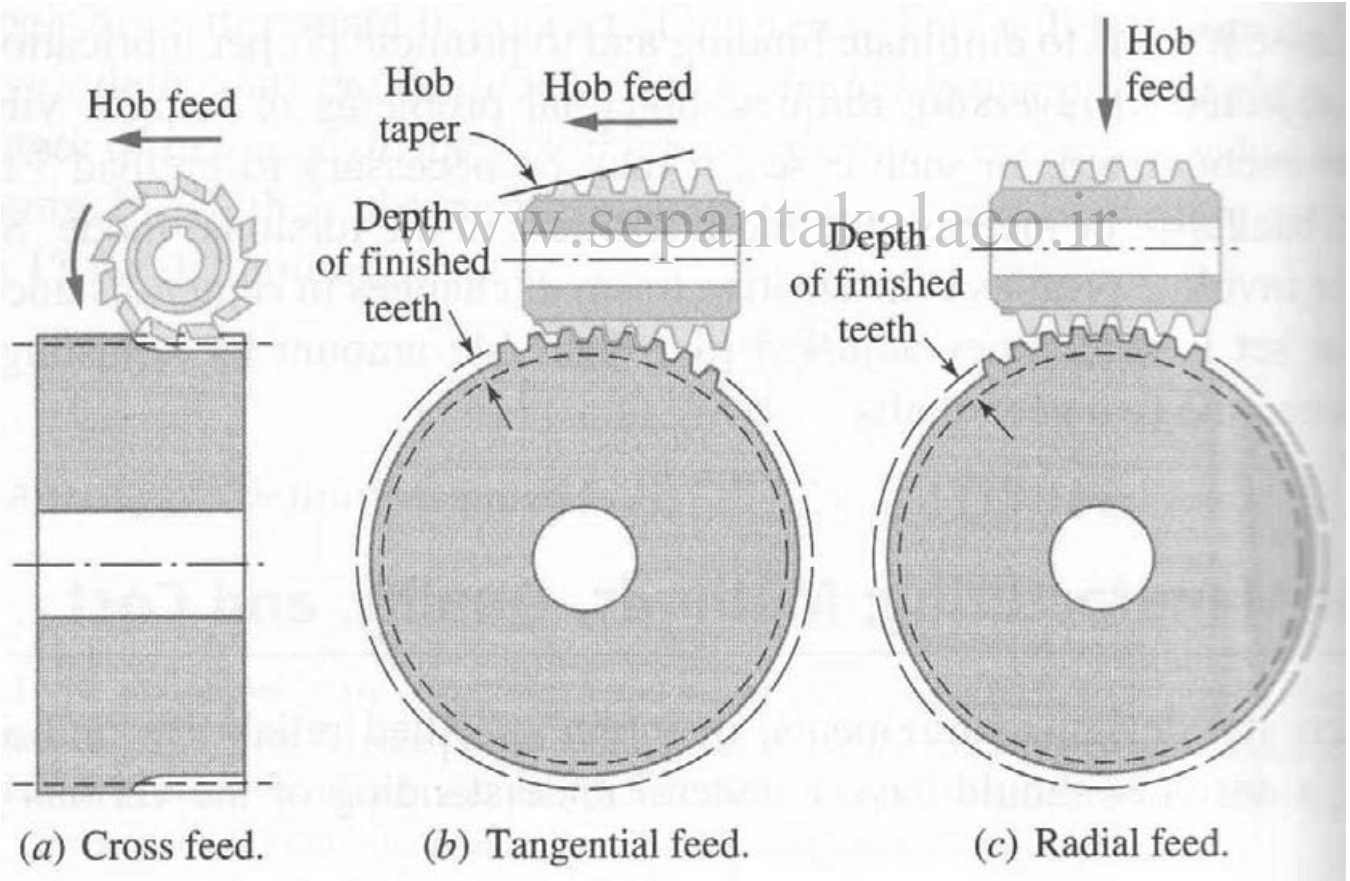
www.sepantakaco.ir

- متالورژی پودر (Sintered powdered metal):
  - ممزوج شدن ذرات پودرهای فلزات تحت درجه حرارت بالا و فشار داخل قالب
  - مناسب برای چرخ دنده های فلزی کوچک و تولید انبوه
- ماشین کاری (Machining)
  - براده برداری از یک قطعه خام استوانه ای شکل به منظور ایجاد شکل دندانه
  - مناسب برای انتقال قدرت، سرعت های بالاتر، بارهای بیشتر و دقت های بالا در انتقال حرکت

روش های براده برداری برای ایجاد دندانه

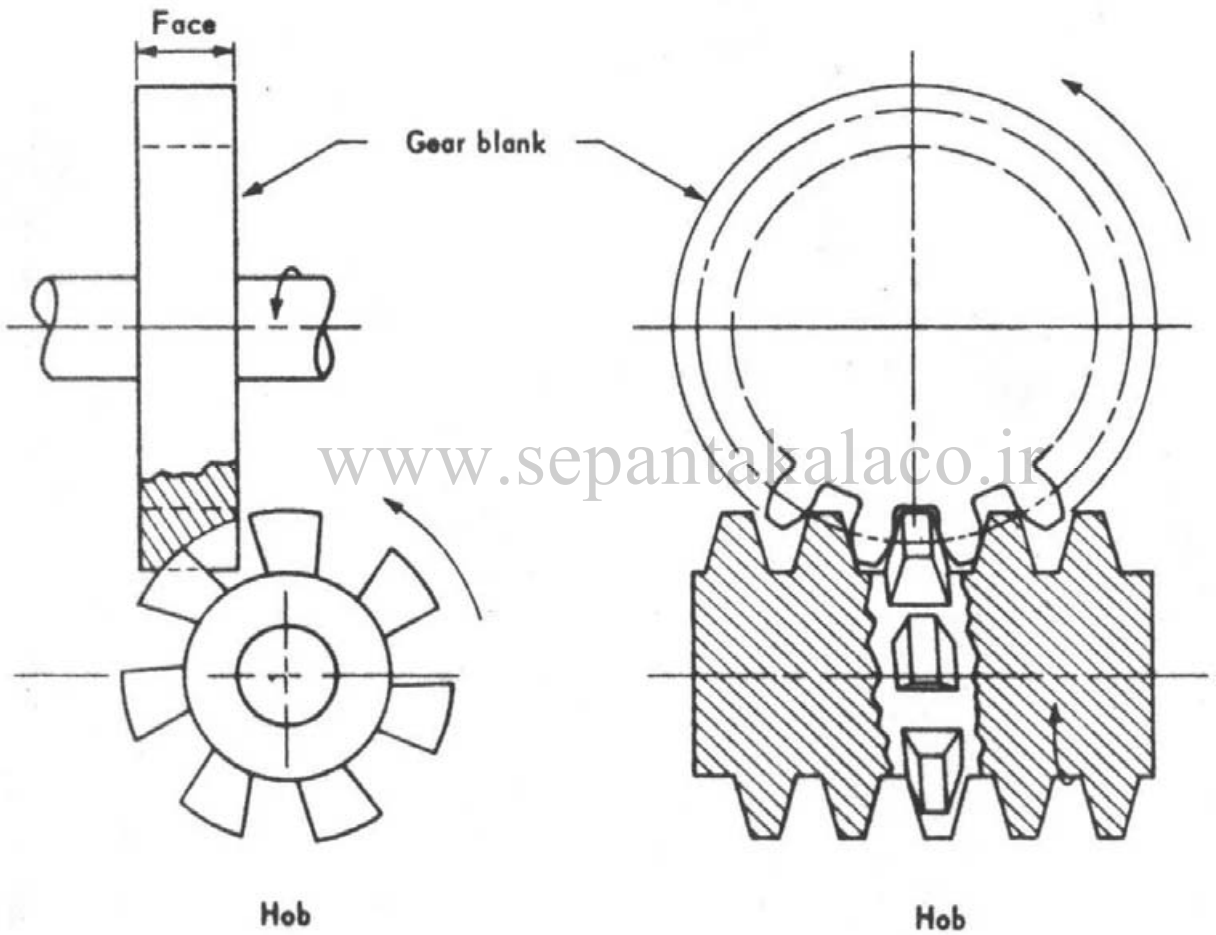
۱. روش هاب زدن (Hobbing):

- دندانه های ابزار برش مانند یک حلزون (worm) حول یک استوانه قرار دارند و چرخدنده خام مثل یک چرخ حلزون با آن تماس پیدا کرده و شکل می گیرد.
- سه نوع حرکت پیشروی (feed) در هاب زدن وجود دارد.



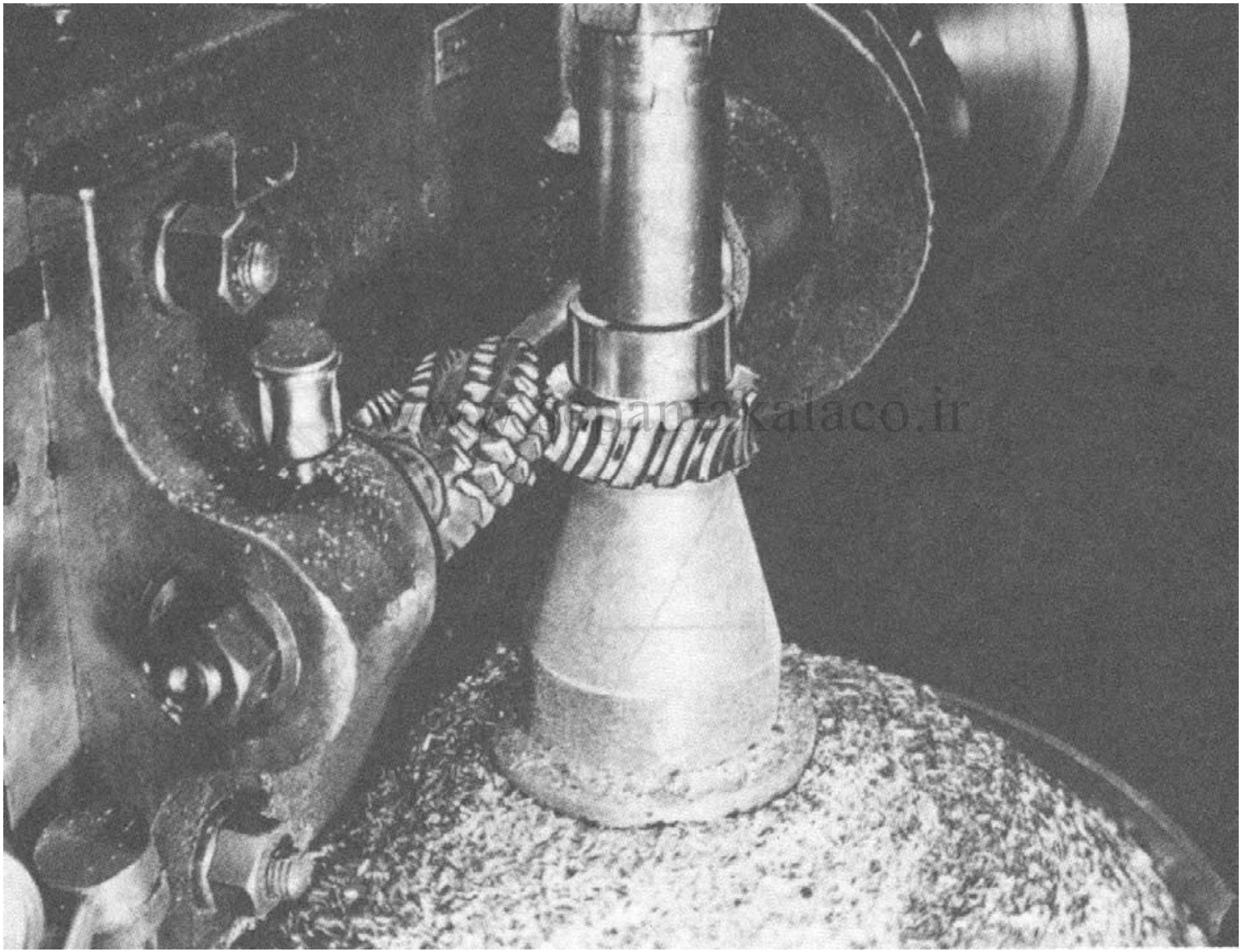
www.sepantakalaco.ir

شکل شماتیک روش هاب زدن

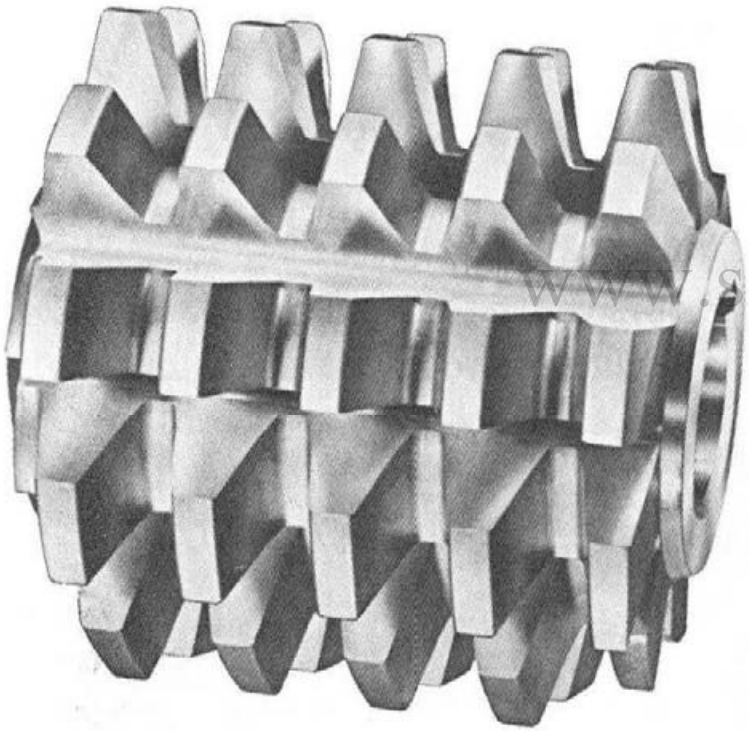


www.sepantakalaco.ir

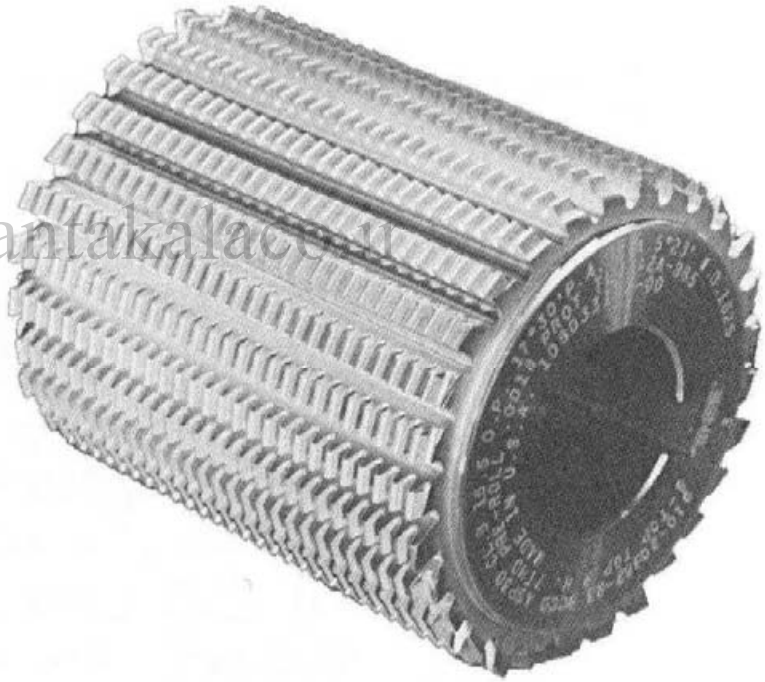
شکل واقعی روش هاب زدن



ابزارهاب



(c) Hob for small pitch gears having large teeth



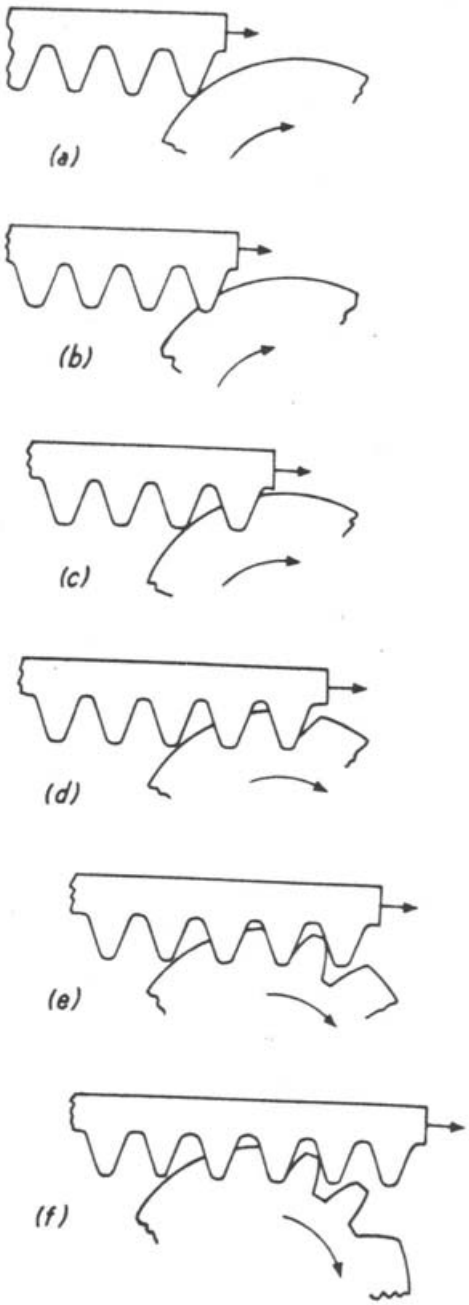
(d) Hob for high pitch gears having small teeth

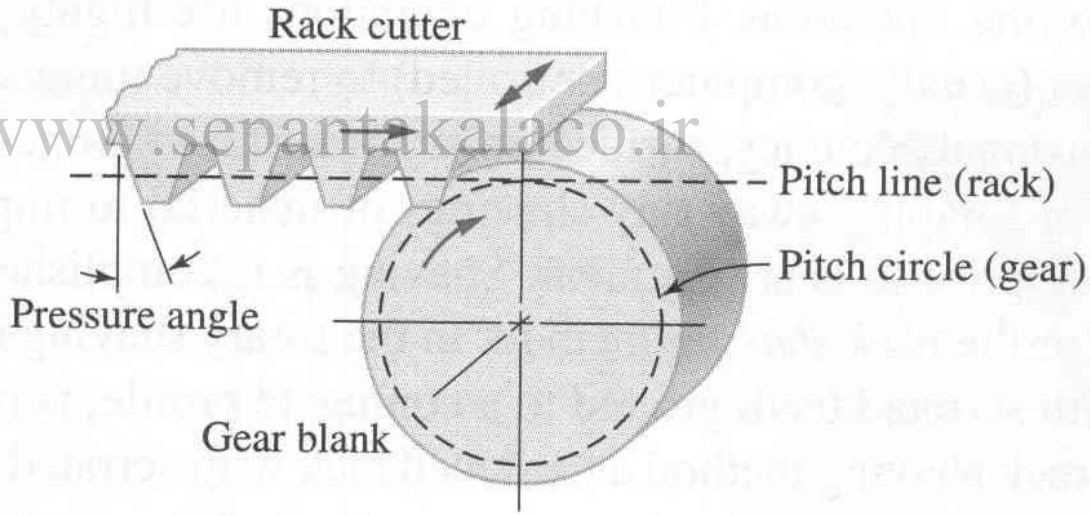
www.sepantakala

روش های براده برداری برای ایجاد دندانه

۲. روش شکل دادن (Shaping)

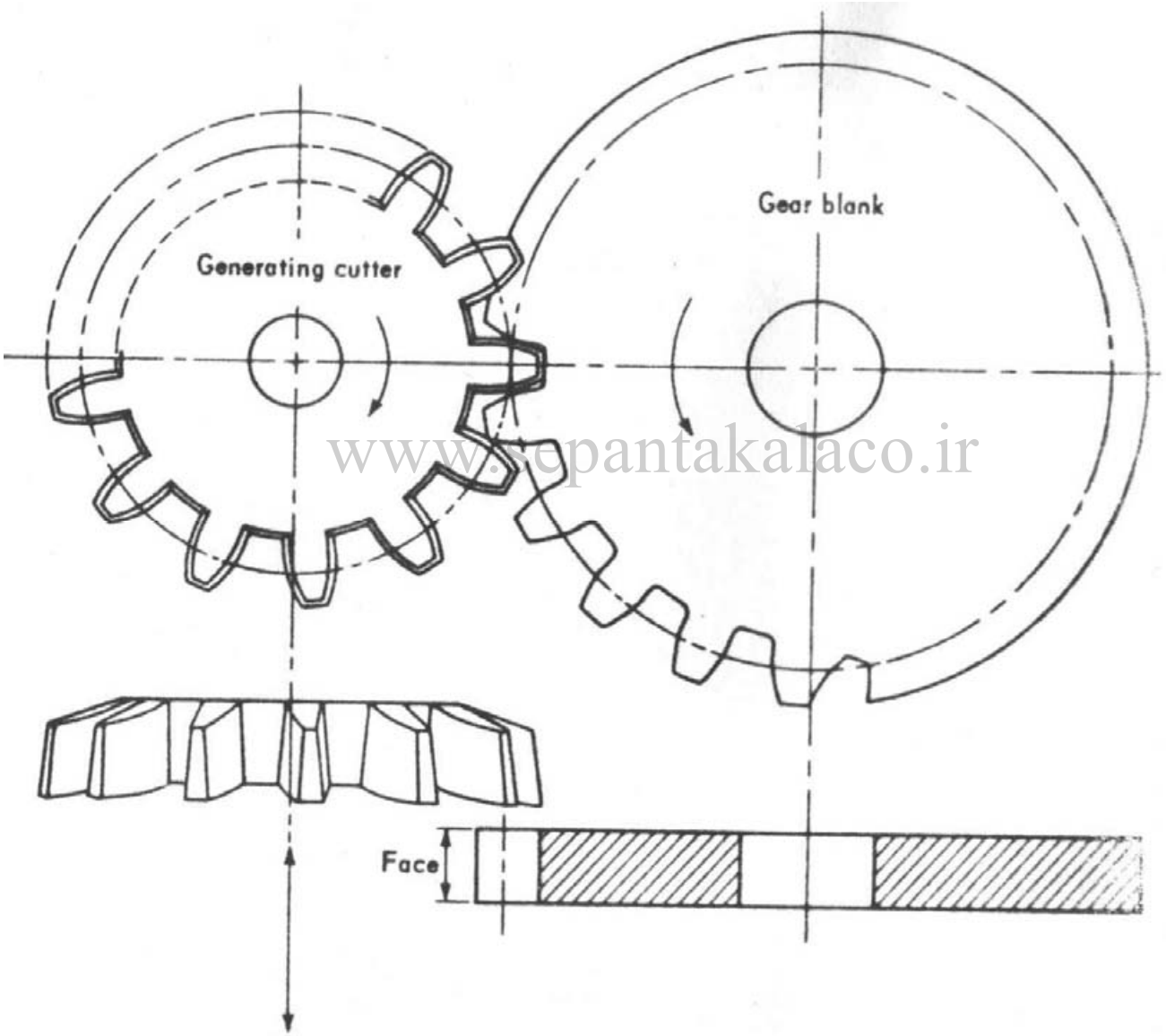
- حرکت رفت و برگشتی یک ابزار برش به شکل **شانه دنده** یا **چرخ دنده معمولی**، در جهت عرض دندانه چرخ دنده خام





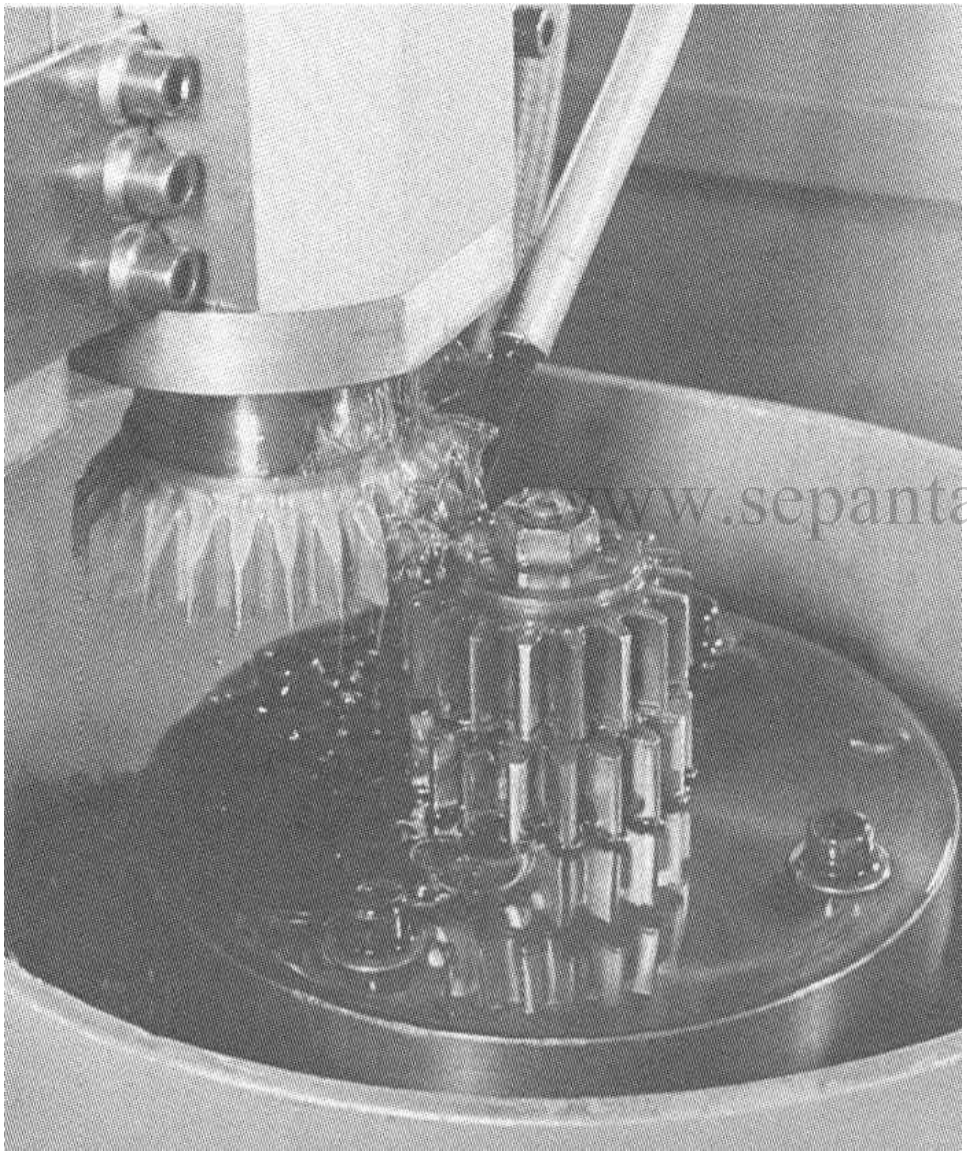
www.sepantakalaco.ir

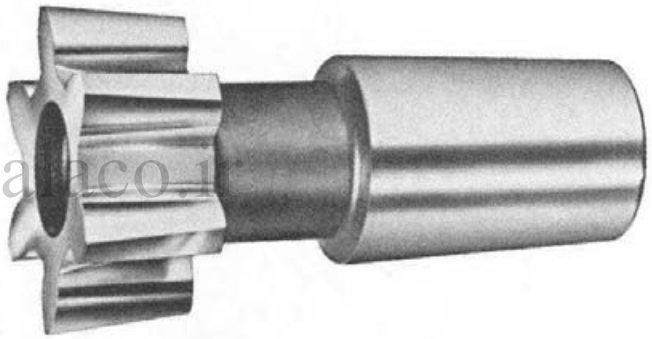
شکل شماتیک روش شکل دادن با پنیون برنده (Pinion cutter)



www.sepantakalaco.ir

شکل واقعی روش شکل دادن و ابزار برش پنیون برنده





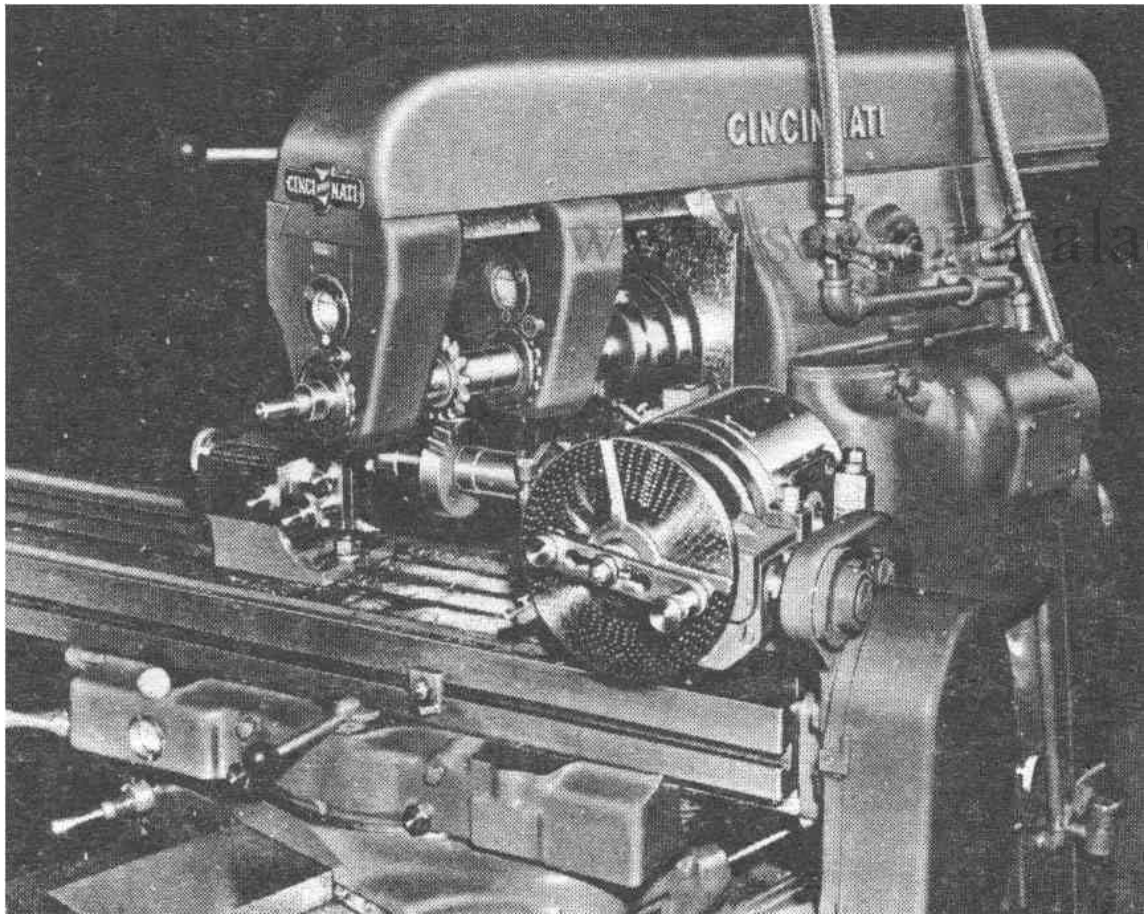
(b) Spur gear shaper cutter

www.sepantakaraco.ir

روش های براده برداری برای ایجاد دندانه

۳. روش فرز کاری (Milling)

- حرکت دورانی یک ابزار برش و حرکت چرخ دنده خام در جهت عرض دندانه برای ایجاد هر دندانه.
- دندانه ها یکی یکی ایجاد می شوند.

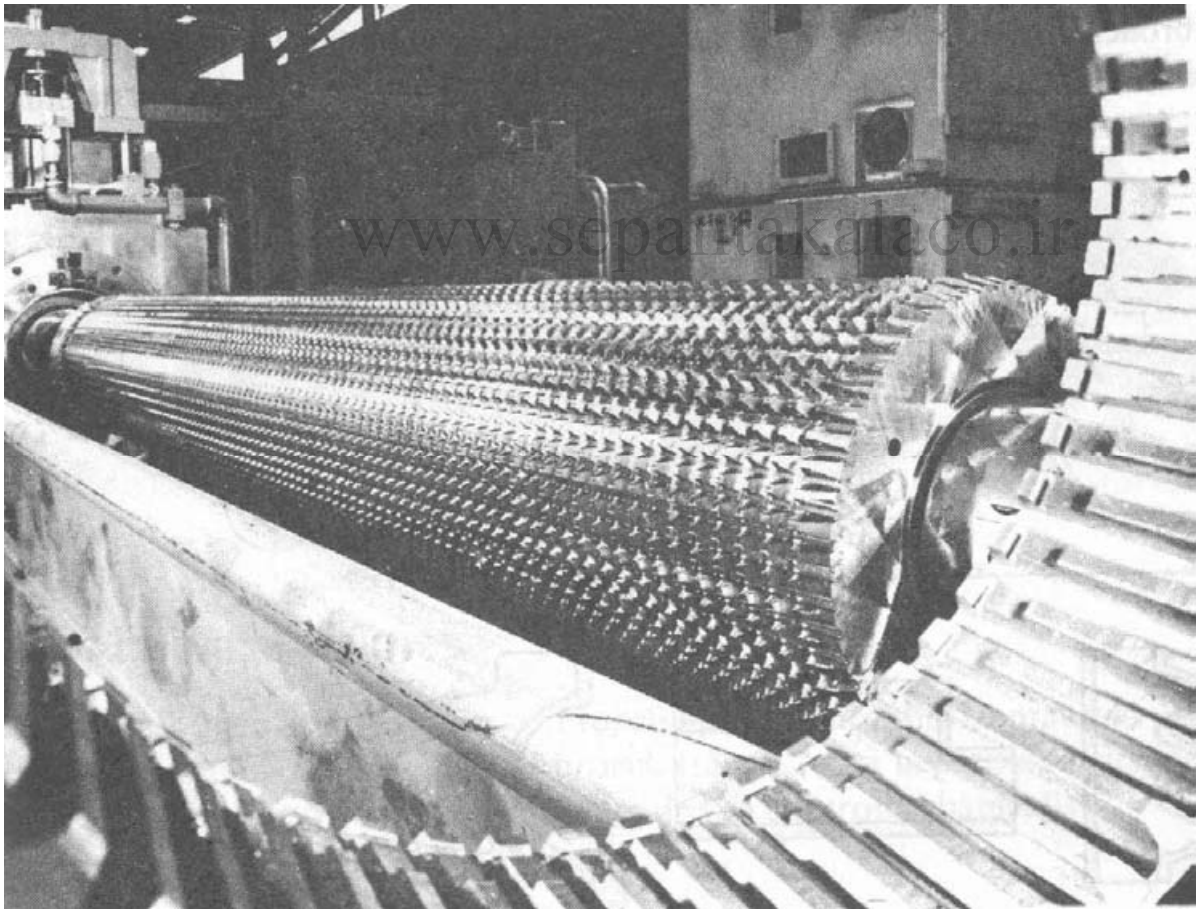


(a) Form milling cutter

روش های براده برداری برای ایجاد دندانه

۴. روش Broaching

- دندانه های ابزار برش روی یک سطح مخروطی شکل قرار دارند و با حرکت در امتداد طول چرخ دنده خام، فرم دندانه ها را به تدریج ایجاد می کنند.
- این روش بیشتر برای تولید دندانه های داخلی استفاده می شود.



www.separtakaraco.ir

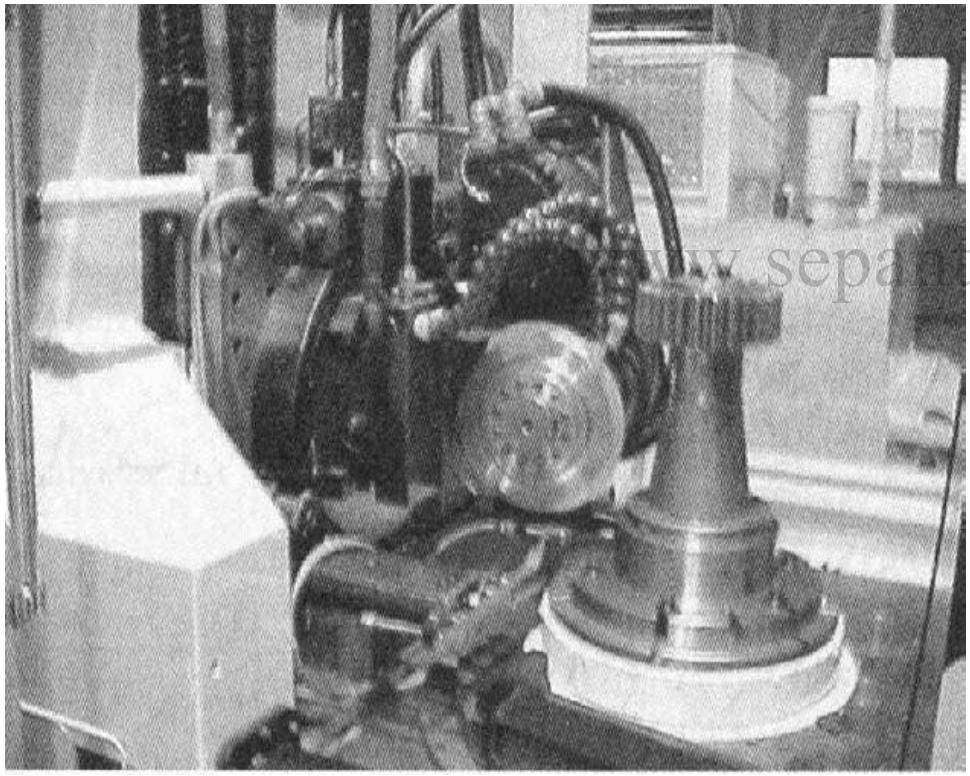
پرداخت چرخ دنده ها (Finishing)

- در کاربردهایی که عملکرد با کیفیت بالا برای چرخ دنده مورد نیاز است (مانند سرعتهای بالا یا بارهای سنگین)، لازمست پس از ایجاد دندانه ها، عملیات پرداخت ظریفی روی دندانه ها انجام شود.
- معمولاً پر هزینه است و در جاهایی که دقت بالا لازمست، پرداخت انجام می شود.
- دو الگوی کلی برای پرداخت دندانه ها:
  - براده برداری ظریف از روی دندانه ها
  - فشردن سطح دندانه ها برای ایجاد یکنواختی در سطح

www.sepantakalaco.ir

روش های پرداخت چرخ دنده ها

- پرداخت قبل از عملیات حرارتی:
  - تراشیدن دقیق سطح دندانه (Shaving)
  - غلتک کاری دندانه (Rolling):
    چرخ دنده ای سخت با دندانه هایی قدری بزرگتر از اندازه استاندارد روی سطح دندانه را نورد می کنند تا باعث کار سرد روی دندانه شود.
- پرداخت بعد از عملیات حرارتی:
  - سنگ زدن دندانه (Grinding)
  - هونینگ دندانه (Honing):
    ابزار سایشی به شکل چرخ دنده با فشار کم روی چرخ دنده تولیدی کار میکند تا یکنواختی سطح را باعث شود.



www.sepantakalaco.ir

درجه بندی دقت ساخت چرخ دنده ها

- برای استانداردسازی دقت چرخ دنده ها، استانداردهای AGMA و DIN با توجه به روش ساخت مورد استفاده، عدد کیفیتی را به چرخ دنده ها اختصاص می دهند.

TABLE 15.4 Accuracy Levels Typical of Various Gearing Applications

Accuracy Level	Dudley Designation[1]	Approximate *Standard Quality Ranges* AGMA[2] Q_v Value	Approximate *Standard Quality Ranges* DIN[3] Value
Highest possible accuracy. Achieved by special toolroom methods. Used for master gears, unusually critical high-speed gears, or when *both* highest load capacity and highest reliability are needed.	AA Ultra-high accuracy	14 or 15	2 or 3
High accuracy. Achieved by grinding or shaving with first-rate machine tools, and utilizing skilled operators. Widely used for turbine gearing and aerospace gearing. Sometimes used for critical industrial gears.	A High accuracy	12 or 13	4 or 5
Relatively high accuracy. Achieved by grinding or shaving with emphasis on production rate rather than highest quality. May be achieved by hobbing or shaping with best equipment under favorable conditions. Used for medium-speed industrial gears and critical vehicle gears.	B Medium-high accuracy	10 or 11	6 or 7
Good accuracy. Achieved by hobbing or shaping with first-rate machine tools and skilled operators. May be obtained in high-production grinding or shaving. Typically used for vehicle gears and electric motor industrial gears running at slower speeds.	C Medium accuracy	8 or 9	8 or 9

www.sepantakaleo.ir

درجه بندی دقت ساخت چرخ دنده ها (ادامه)

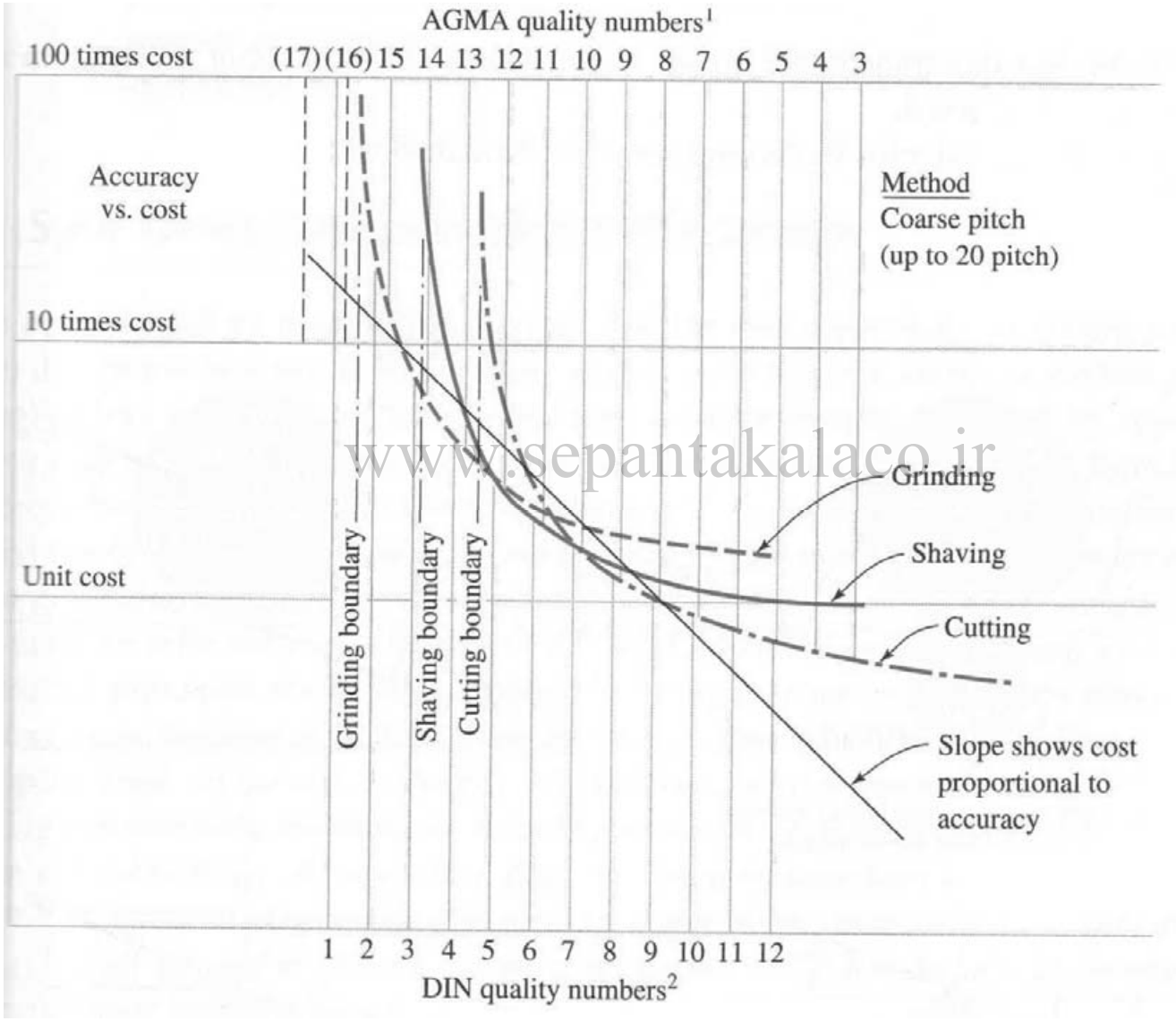
TABLE 15.4 (*Continued*)

Accuracy Level	Dudley Designation[1]	Approximate *Standard Quality Ranges* AGMA[2] Q_v Value	DIN[3] Value
Nominal accuracy. Can be achieved by hobbing or shaping using older machine tools and less-skilled operators. Typically used for low-speed gears that *wear in* to yield a reasonable fit. (Lower hardness promotes wear-in.)	D Low accuracy	6 or 7	10 or 11
Minimal accuracy. For gears used at slow speeds and light loads. Teeth may be cast or molded in small sizes. Typically used in toys and gadgets. May be used for low-hardness gears when limited life and lower reliability are acceptable.	E Very low accuracy	4 or 5	12

[1]From ref. 1. *Source:* Dudley Engineering Company, San Diego, CA.

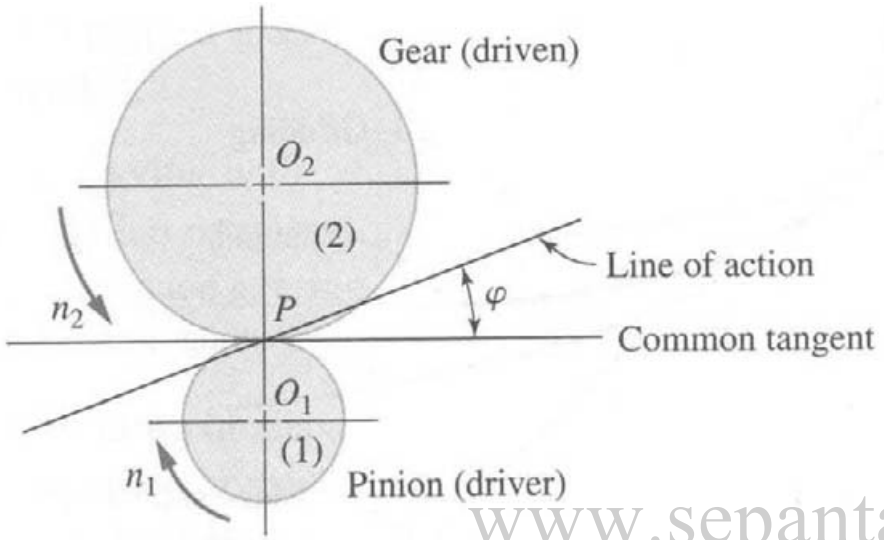
www.sepantakalaco.ir

دقت ساخت های مختلف، هزینه های متفاوت

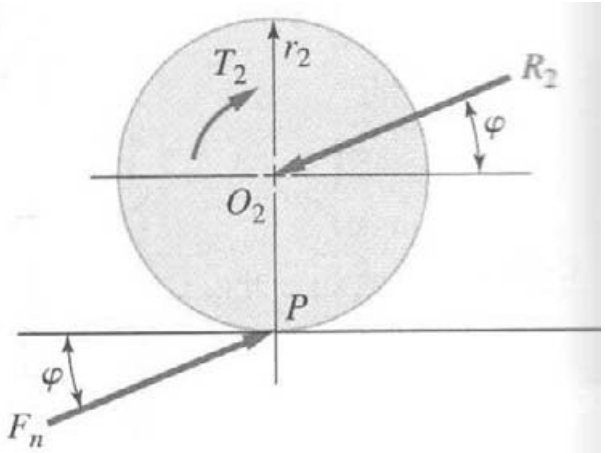


www.sepantakalaco.ir

بررسی نیروهای چرخ دنده های ساده در محل تماس دو چرخ دنده



(a) Typical spur gearset layout showing pitch circles and line of action.



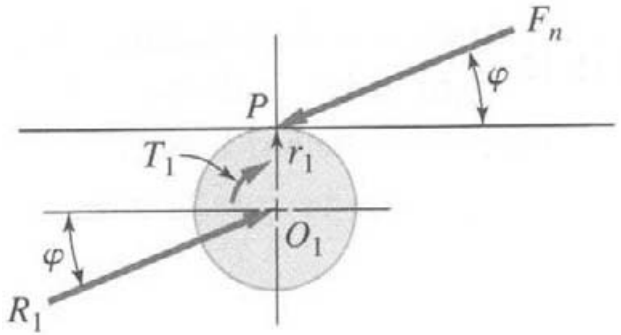
(b) Free-body diagram of driven gear.

www.sepantakalaco.ir

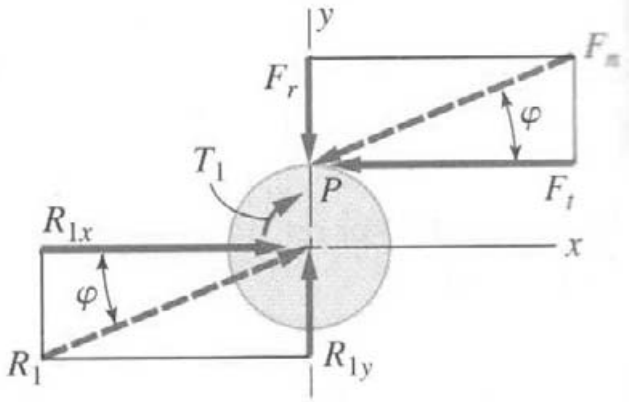
$$F_t = F_n \cos\varphi$$

$$F_r = F_n \sin\varphi$$

$$F_r = F_t \tan\varphi$$



(c) Free-body diagram of driving pinion.



(d) Force resolution for pinion.

محاسبه نیروها و گشتاورهای چرخ دنده های ساده

– رابطه توان و گشتاور:

• واحدهای متریک:

$$P = T_1\omega_1 = (F_t r_1)\omega_1 = F_t V$$

– **سرعت روی دایره گام:**

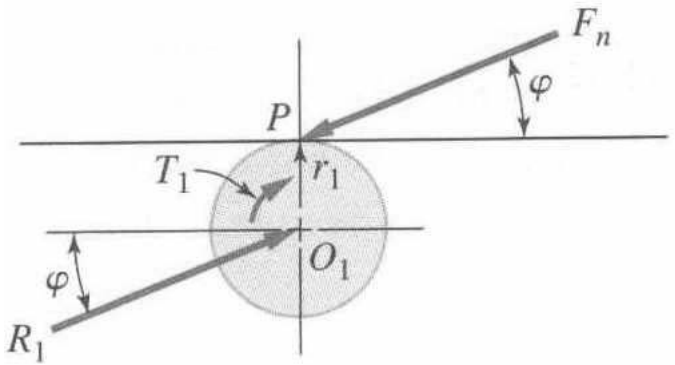
$$V = \frac{2\pi r_1 n_1}{60} = \frac{2\pi r_2 n_2}{60}; n_1, n_2 \text{ (rpm)}$$

• واحدهای انگلیسی:

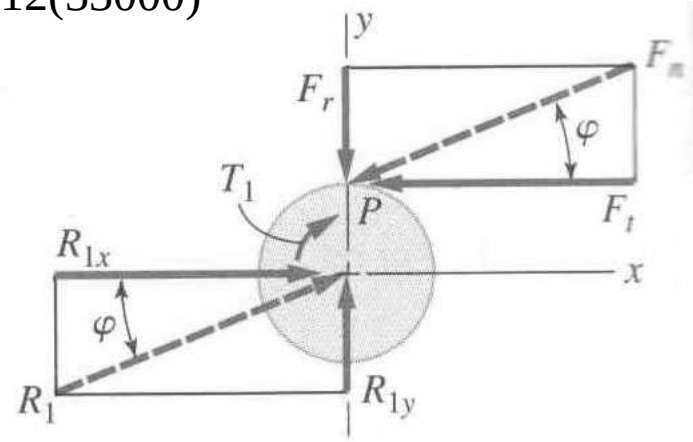
$$V(\text{ft/min}) = \frac{2\pi r_1(\text{in}) n_1}{12} = \frac{2\pi r_2(\text{in}) n_2}{12}; n_1, n_2 \text{ (rpm)}$$

www.sepantakalaco.ir

$$hp = \frac{F_t V(\text{ft/min})}{33000} = \frac{F_t(2\pi r_1 n_1)}{12(33000)} = \frac{F_t r_1(2\pi n_1)}{12(33000)} = \frac{T_1(2\pi n_1)}{12(33000)}$$



(c) Free-body diagram of driving pinion.



(d) Force resolution for pinion.