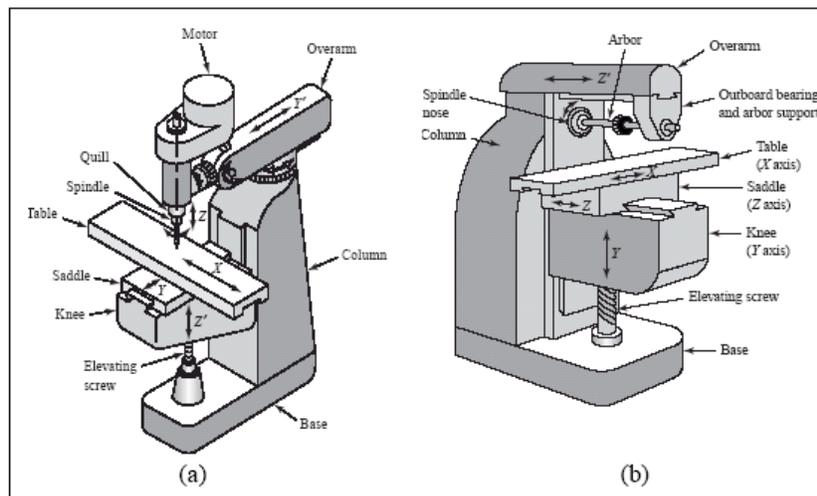


BAB 3

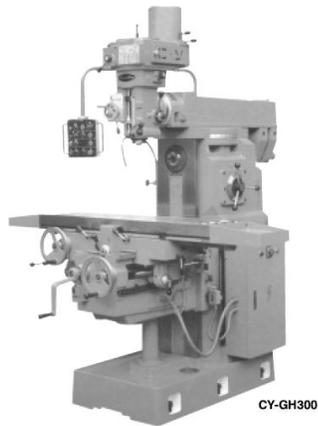
PROSES FRAIS (*MILLING*)

Proses pemesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin (Gambar 3.1) yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (*Milling Machine*).



Gambar 3.1. Gambar skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) mesin frais vertikal tipe *column and knee* dan (b) mesin frais horisontal tipe *column and knee*

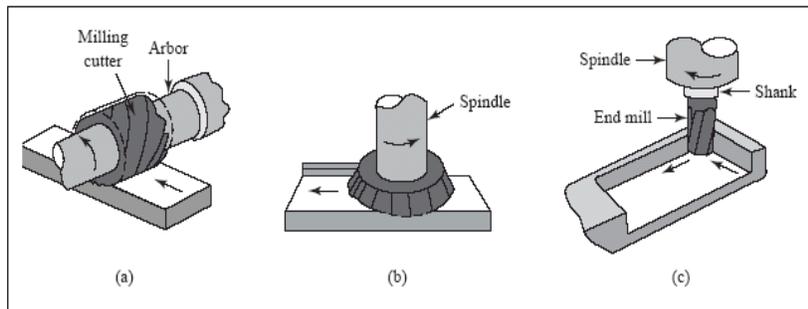
Mesin frais (Gambar 3.2) ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual ada biasanya spindelnya ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal. Sedangkan mesin frais dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertikal .



Gambar 3.2. Mesin frais *turret* vertikal horisontal

A. Klasifikasi proses frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Tiga Klasifikasi proses frais : (a) frais periperal/*slab milling*, (b) frais muka/*face milling*, (c) frais jari/*end milling*

1. Frais Periperal (*Peripheral Milling*)

Proses frais ini disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

2. Frais muka (*Face Milling*)

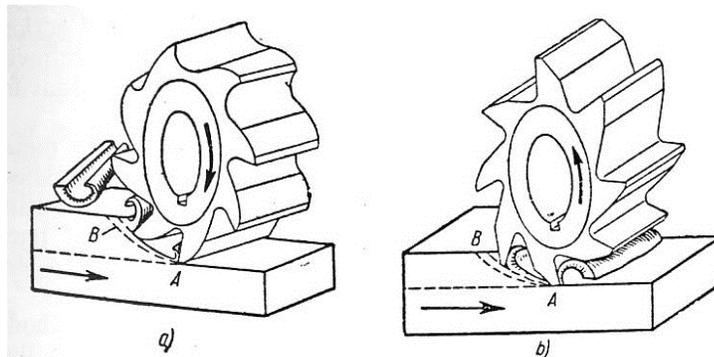
Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

3. Frais jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja.. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

B. Metode Proses Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat (Gambar 3.4). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar 3.4. (a) frais naik (*up milling*) dan (b) frais turun (*down milling*)

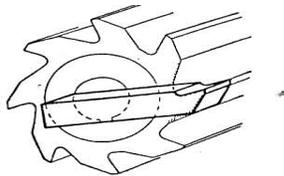
Up Milling)

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation*.

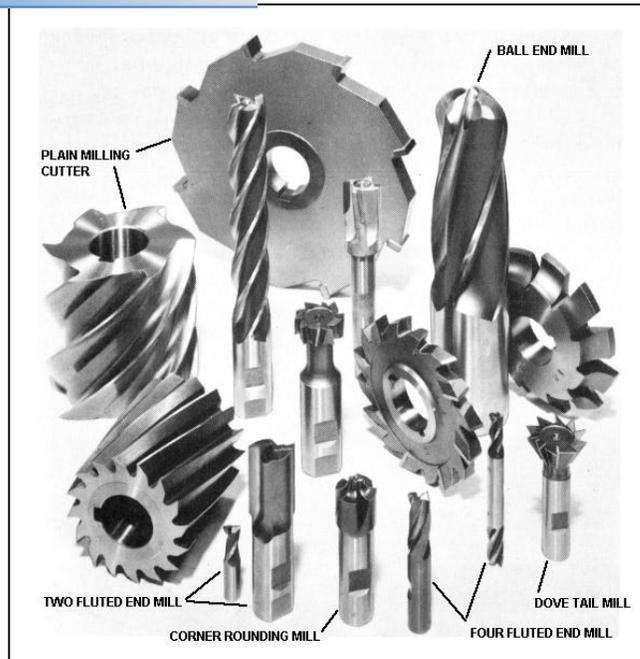
2. Frais turun (*Down Milling*)

Proses frais turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

Proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pahat frais memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pahat bubut, maka pahat frais analog dengan beberapa buah pahat bubut (Gambar 3.5). Pahat frais dapat melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pahat yang digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan dengan mesin frais (Gambar 3.6).



Gambar 3.5. Pahat frais identik dengan beberapa pahat bubut



Gambar 3.6. Berbagai jenis bentuk pahat frais untuk mesin frais horisontal dan vertikal

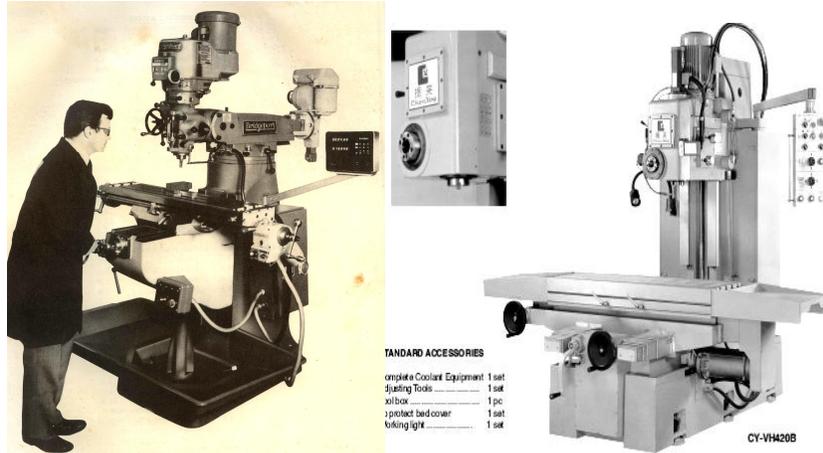
C. Jenis Mesin Frais

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis, yaitu :

1. *Column and knee milling machines*
2. *Bed type milling machines*
3. *Special purposes*

Mesin jenis *column and knee* dibuat dalam bentuk mesin frais vertikal dan horisontal (lihat Gambar 3.7). Kemampuan melakukan berbagai jenis pemesinan adalah keuntungan utama pada mesin jenis ini. Pada dasarnya pada mesin jenis ini meja (*bed*), sadel, dan lutut (*knee*) dapat digerakkan. Beberapa asesoris seperti cekam, meja putar, kepala pembagi menambah kemampuan dari mesin frais jenis ini. Walaupun demikian mesin ini memiliki kekurangan dalam hal kekakuan dan kekuatan penyayatannya. Mesin frais tipe *bed (bed type)* memiliki produktivitas yang lebih tinggi dari pada

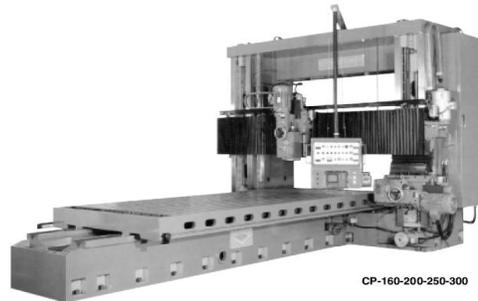
bertama. Kekakuan mesin yang baik, serta tenaga mesin yang biasanya relatif besar, menjadikan mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur. Mesin frais pada saat ini telah banyak yang dilengkapi dengan pengendali CNC untuk meningkatkan produktivitas dan fleksibilitasnya (Gambar 3.10). Dengan menggunakan kendali CNC maka waktu produksi bisa dipersingkat, bentuk benda kerja sangat bervariasi.



Gambar 3.8. Mesin frais tipe *Column* and *knee* dan mesin frais tipe *bed*

Produk pemesinan di industri pemesinan semakin kompleks, maka mesin frais jenis baru dengan bentuk yang tidak biasa telah dibuat. Mesin frais tipe khusus ini (contoh pada Gambar 3.9), biasanya digunakan untuk keperluan mengerjakan satu jenis penyayatan dengan produktivitas/duplikasi yang sangat tinggi. Mesin tersebut misalnya mesin frais profil, mesin frais dengan spindel ganda (dua, tiga, sampai lima spindel), dan mesin frais planer. Dengan menggunakan mesin frais khusus ini maka produktifitas mesin sangat tinggi, sehingga ongkos produksi menjadi rendah, karena mesin jenis ini tidak memerlukan seting yang rumit.

is manual, pada saat ini telah dibuat mesin frais dengan jenis yang sama dengan mesin konvensional tetapi menggunakan kendali CNC (*Compyter Numerically Controlled*). Dengan bantuan kendali CNC (Gambar 3.10), maka mesin frais menjadi sangat fleksibel dalam mengerjakan berbagai bentuk benda kerja, efisien waktu dan biaya yang diperlukan, dan produk yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi.



Gambar 3.9. Mesin frais tipe khusus (*special purposes*). Mesin frais dengan dua buah spindel



Gambar 3.10. Mesin frais CNC tipe bed (*Bed type CNC miling machine*)

pat diatur pada mesin frais

Maksud dari parameter yang dapat diatur adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin frais. Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindel (n), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindel bisa langsung diatur dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan bisa diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan tabel f yang ada di mesin. Gerak makan ini pada proses frais ada dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran). Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat.

Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong. Kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat. Rumus kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

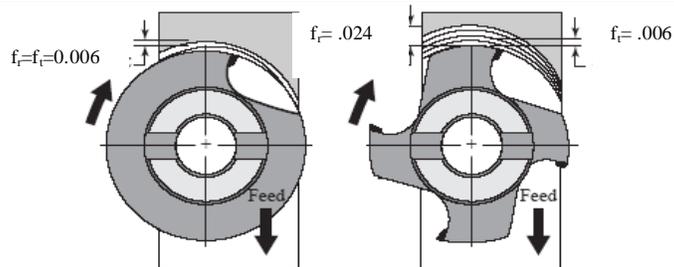
d = diameter pahat ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Setelah kecepatan potong diketahui, maka gerak makan harus ditentukan. Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pahat dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit.

Kedalaman portong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan. Apabila daya

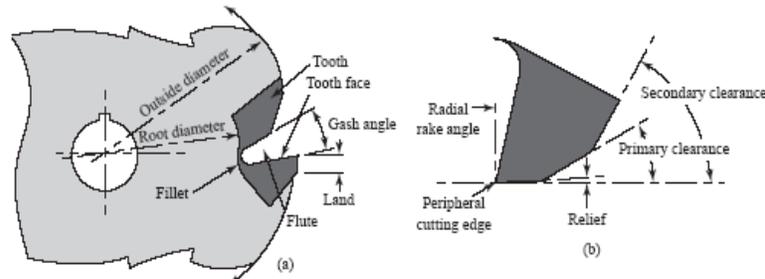
...an masih lebih rendah dari daya yang disediakan oleh mesin (terutama motor listrik), maka kedalaman potong yang telah ditentukan bisa digunakan.



Gambar 3.11. Gambar jalur pahat dari pahat frais menunjukkan perbedaan antara gerak makan per gigi (f_t) dan gerak makan per putaran (f_r).

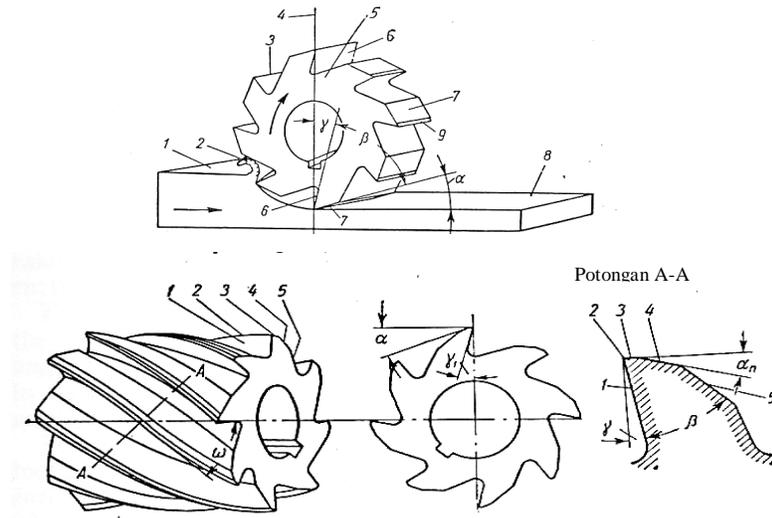
E. Geometri pahat frais

Pada dasarnya bentuk pahat frais adalah identik dengan pahat bubut. Dengan demikian nama sudut atau istilah yang digunakan juga sama dengan pahat bubut. Nama-nama bagian pahat frais rata dan geometri gigi pahat frais rata ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Konfigurasi pahat frais : (a) nama-nama bagian pahat frais rata , (b) geometri gigi pahat

...ntuk yang rumit karena terdiri dari banyak gigi potong, sehingga proses pemotongannya adalah proses pemotongan dengan mata potong majemuk (Gambar 3.12). Jumlah gigi minimal adalah dua buah pada pahat frais ujung (*end mill*).



Gambar 3.13. Geometri pahat frais selubung HSS

Pahat untuk proses frais dibuat dari material HSS atau karbida. Material pahat untuk proses frais pada dasarnya sama dengan material pahat untuk pahat bubut. Untuk pahat karbida juga digolongkan dengan kode P, M, dan K. Pahat frais karbida bentuk sisipan dipasang pada tempat pahat sesuai dengan bentuknya (Gambar 3.14). Standar ISO untuk bentuk dan ukuran pahat sisipan dapat dilihat pada Gambar 3.14. Standar tersebut mengatur tentang bentuk sisipan, sudut potong, toleransi bentuk, pemutus tatal (*chipbreaker*), panjang sisi potong, tebal sisipan, sudut bebas, arah pemakanan, dan kode khusus pembuat pahat. Pahat sisipan yang telah dipasang pada pemegang pahat dapat dilihat pada Gambar 3.15.

Sandvik Coromant indexable inserts for milling Extract from ISO 1832-1985

S
E
K
R
12
04
AZ

WM

1 Insert shape

2 Clearance angle on major cutting edge

4 Chipbreaker and clamp type

3 Tolerances

Letter symbol	Tolerances, mm		
	m	s	IC
A ¹⁾	±0.005	±0.025	±0.025
F ¹⁾	±0.005	±0.025	±0.013
C ¹⁾	±0.013	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.025	±0.013
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.13	±0.025
J ¹⁾	±0.005	±0.025	±0.050 ±0.130
K ¹⁾	±0.013	±0.025	±0.050 ±0.130
L ¹⁾	±0.025	±0.025	±0.050 ±0.130
M	±0.060 ±0.180	±0.13	±0.050 ±0.130
N	±0.060 ±0.180	±0.025	±0.050 ±0.130
U	±0.130 ±0.380	±0.13	±0.060 ±0.250

IC: theoretical diameter of inscribed circle
s: insert thickness
m: see fig.

¹⁾ These tolerance classes normally apply to inserts with parallel land.
²⁾ The tolerance is dependent upon the insert size and should be indicated for each insert according to the standard tolerance for the corresponding size. See tables below.

Insert shapes H, O, P, S, T, C, E, M, W, R

Inscribed circle	Tolerances for m		Tolerances for IC	
	class M	class U	class M, J, K, L	class U
6,35	±0,08	±0,13	±0,05	±0,08
9,525 (10)	±0,08	±0,13	±0,05	±0,08
12,7 (12)	±0,13	±0,20	±0,08	±0,13
15,875 (16)	±0,15	±0,27	±0,10	±0,18
19,05 (20)	±0,15	±0,27	±0,10	±0,18
25,4	±0,18	±0,38	±0,13	±0,25

Insert shape D

Inscribed circle	Tolerances for m	Tolerances for IC
6,35	±0,11	±0,05
9,525	±0,11	±0,05
12,70	±0,15	±0,08
15,875	±0,18	±0,10
19,5	±0,18	±0,10

5 Cutting edge length, l mm

Integers to be preceded by 0, eg. 9.52 mm indicated with 09

6 Insert thickness, s mm

01 s = 1,59	04 s = 4,76
T1 s = 1,98	05 s = 5,56
02 s = 2,38	06 s = 6,35
03 s = 3,18	07 s = 7,94
T3 s = 3,97	09 s = 9,52

7 Parallel land, clearance angle

Parallel land	Radius, mm
A - 45°	00 - Sharp
D - 60°	02 - 0.2
E - 75°	04 - 0.4
F - 85°	08 - 0.8
P - 90°	12 - 1.2
Z - Others	16 - 1.6
	20 - 2.0
	24 - 2.4
	32 - 3.2
	X - Others

M0 - Round inserts

9 Feed direction

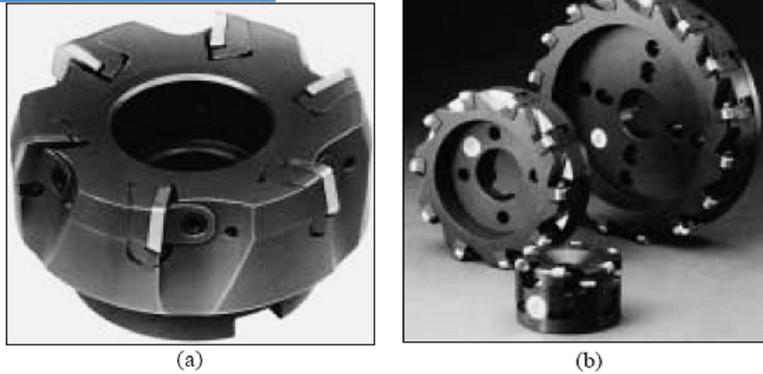
Comparison cutting edge length in mm (pos. 5) to IC in inches

	06	09	11	16	22	27	33	44
55°				09	12	15	19	25
60°			07	11	15	19	23	31
		06	09	12	16	19	25	
IC	5/32"	7/32"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"

10 Manufacturer's option

The ISO code consists of nine symbols including 8 and/or 9 which are used only when required. In addition, the manufacturer may add further symbols joined to the ISO code through a hyphen (eg. -WM for the chipbreaker design).

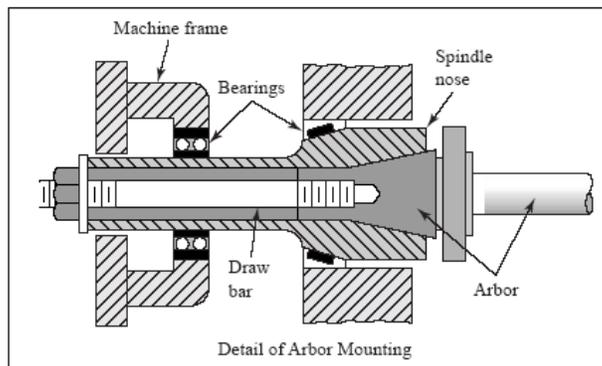
Gambar 3.14. Standar ISO pahat sisipan untuk frais (milling)



Gambar 3.15. Pahat frais bentuk sisipan dipasang pada tempat pahat yang sesuai

F. Peralatan dan asesoris untuk memegang pahat frais

Proses penyayatan menggunakan mesin frais memerlukan alat bantu untuk memegang pahat dan benda kerja. Pahat harus dicekam cukup kuat sehingga proses penyayatan menjadi efektif, dalam hal ini pahat tidak mengalami selip pada pemegangnya. Pada mesin frais konvensional horisontal pemegang pahat adalah arbor dan poros arbor (lihat kembali Gambar 3.1). Gambar skematik arbor yang digunakan pada mesin frais horisontal dapat dilihat pada Gambar 3.16. Arbor ini pada porosnya diberi alur



Gambar 3.16. Gambar skematik arbor mesin frais horisontal

pasak sesuai dengan ukuran alur pasak pada pahat frais. Pasak yang dipasang mencegah terjadinya selip ketika pahat menahan gaya potong yang relatif besar dan tidak kontinyu ketiga gigi-gigi pahat melakukan penyayatan benda kerja.

Pemegang pahat untuk mesin frais vertikal yaitu kolet/ *collet* (Gambar 3.17). Kolet ini berfungsi mencekam bagian pemegang (*shank*) pahat. Bentuk kolet adalah silinder lurus di bagian dalam dan tirus di bagian luarnya. Pada sisi kolet dibuat alur tipis beberapa buah, sehingga ketika kolet dimasuki pahat bisa dengan mudah memegang pahat. Sesudah pahat dimasukkan ke kolet kemudian kolet tersebut dimasukkan ke dalam pemegang pahat (*tool holder*). Karena bentuk luar kolet tirus maka pemegang pahat akan menekan kolet dan benda kerja dengan sangat kencang, sehingga tidak akan terjadi selip ketika pahat menerima gaya potong.



(a)



(b)

Gambar 3.17. (a) Kolet yang memiliki variasi ukuran diameter, (b) Beberapa pemegang pahat dengan kolet dan alat pemasangnya.

Pemegang pahat (*tool holder*) standar bisa digunakan untuk memegang pahat frais ujung (*end mill*). Beberapa proses frais juga memerlukan sebuah cekam (*chuck*) untuk memegang pahat frais. Pemegang pahat ini ada dua jenis yaitu dengan ujung tirus Morse (*Morse Taper*) dan lurus (Gambar 3.18). Pemegang pahat yang lain adalah kepala bor (Gambar 3.19). Kepala bor ini jarak antara ujung pahat terhadap sumbu bisa diubah-ubah, sehingga dinamakan *offset boring heads*. Pemegang pahat ini biasanya



(a)



(b)

Gambar 3.18. (a) Pemegang pahat frais ujung (*end mill*), (b) pemegang pahat shell end mill.

digunakan untuk proses bor (*boring*), perataan permukaan (*facing*), dan pembuatan chamfer (*chamfering*).

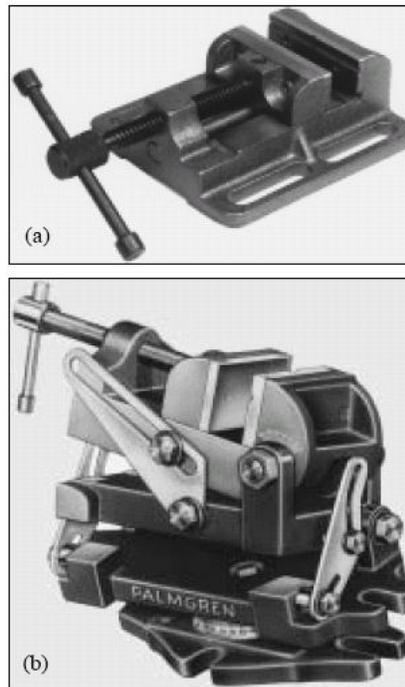


Gambar 3.19. Kepala bor (*offset boring head*)

Alat pemegang benda kerja pada mesin

frais

Alat pemegang benda kerja pada mesin frais berfungsi untuk memegang benda kerja yang sedang disayat oleh pahat frais. Pemegang benda kerja ini biasanya dinamakan ragum. Ragum tersebut diikat pada meja mesin frais dengan menggunakan baut T. Jenis ragum cukup banyak, disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang dikerjakan di mesin. Untuk benda kerja berbentuk balok atau kubus ragum yang digunakan adalah ragum sederhana atau ragum universal (Gambar 3.20). Ragum ini digunakan bila benda kerja

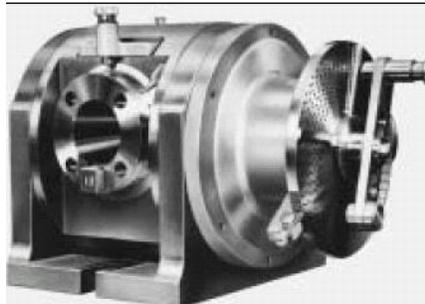


Gambar 3.20. (a) Ragum sederhana (*plain vise*), (b) Ragum universal yang biasa digunakan pada ruang alat

yang dibuat bidang-bidangnya saling tegak lurus dan paralel satu sama lain (kubus, balok, balok bertingkat). Apabila digunakan untuk membuat bentuk sudut, maka pahat yang dipakai menyesuaikan bentuk sudut yang dibuat.

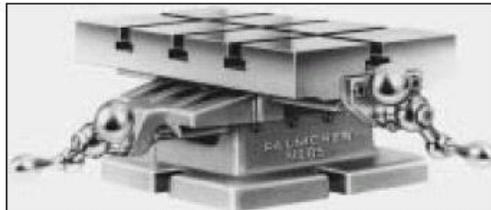
Untuk benda kerja silindris, maka untuk memegang benda kerja digunakan kepala pembagi (*Dividing Head*). Kepala pembagi (Gambar 3.21) ini biasanya digunakan untuk memegang benda kerja silindris , terutama untuk keperluan :

- Membuat segi banyak
- Membuat alur pasak
- Membuat roda gigi (lurus, helik, payung)
- Membuat roda gigi cacing.



Gambar 3.21. Kepala pembagi (*Dividing Head*) untuk membuat segi banyak

Ragum yang dipasang langsung pada meja mesin frais hanya dapat digunakan untuk mengerjakan benda kerja lurus atau bertingkat dengan bidang datar atau tegak lurus. Apabila benda kerja yang dibuat ada bentuk sudutnya, maka ragum diletakkan pada meja yang dapat diatur sudutnya (identik dengan *meja sinus*). Meja tersebut (Gambar 3.22) diikat pada meja mesin frais .



Gambar 3.22. Meja yang dapat diatur sudutnya dalam beberapa arah, digunakan untuk alat bantu pengerjaan benda kerja yang memiliki sudut lebih dari satu arah

Alat bantu pemegang benda kerja di mesin frais yang lain yaitu meja putar (*Rotary Table*). Meja putar (Gambar 3.23) ini diletakkan diatas meja mesin frais, kemudian ragum atau cekam rahang tiga bisa diletakkan di atasnya. Dengan bantuan meja putar ini proses penyayat bidang- bidang benda kerja bisa lebih cepat, karena untuk menyayat sisi-sisi benda kerja tidak usah melepas benda kerja, cukup memutar handel meja putar dengan sudut yang dikehendaki. Selain itu dengan meja putar ini bisa dibuat bentuk melingkar , baik satu lingkaran penuh (360°) atau kurang dari 360° .



(a)

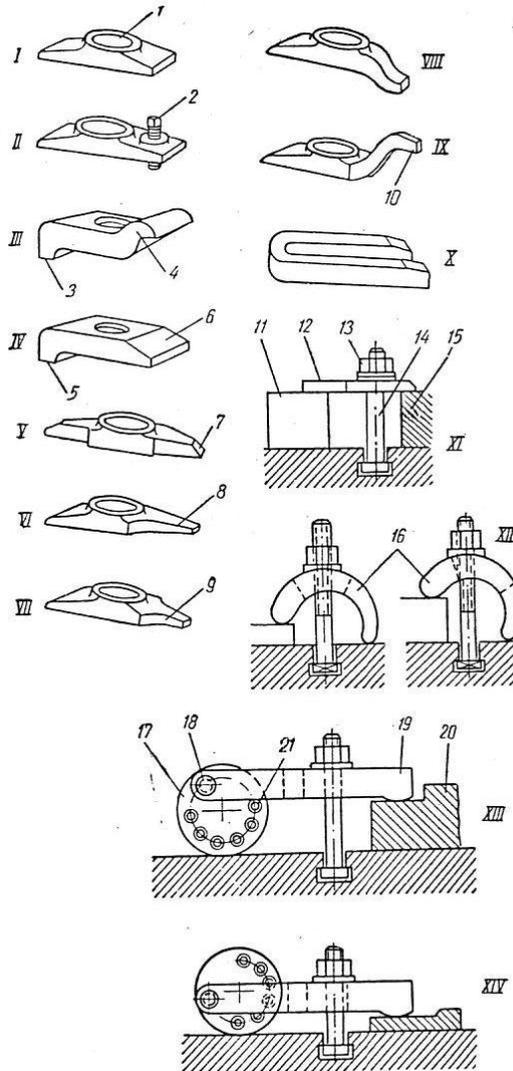


(b)

Gambar 3.23. (a) Meja putar (*Rotary Table*) yang bisa digunakan untuk mesin frais vertikal maupun horisontal, (b) Meja putar yang dapat diatur sudutnya.

Benda kerja yang dikerjakan di mesin frais tidak hanya benda kerja yang bentuknya teratur. Benda kerja yang berbentuk plat lebar, piringan dengan diameter besar dan tipis, dan benda hasil tuangan sulit dicekam dengan ragum. Untuk keperluan pemegangan benda kerja seperti itu, maka benda kerja bisa langsung diletakkan di meja mesin frais kemudian diikat dengan

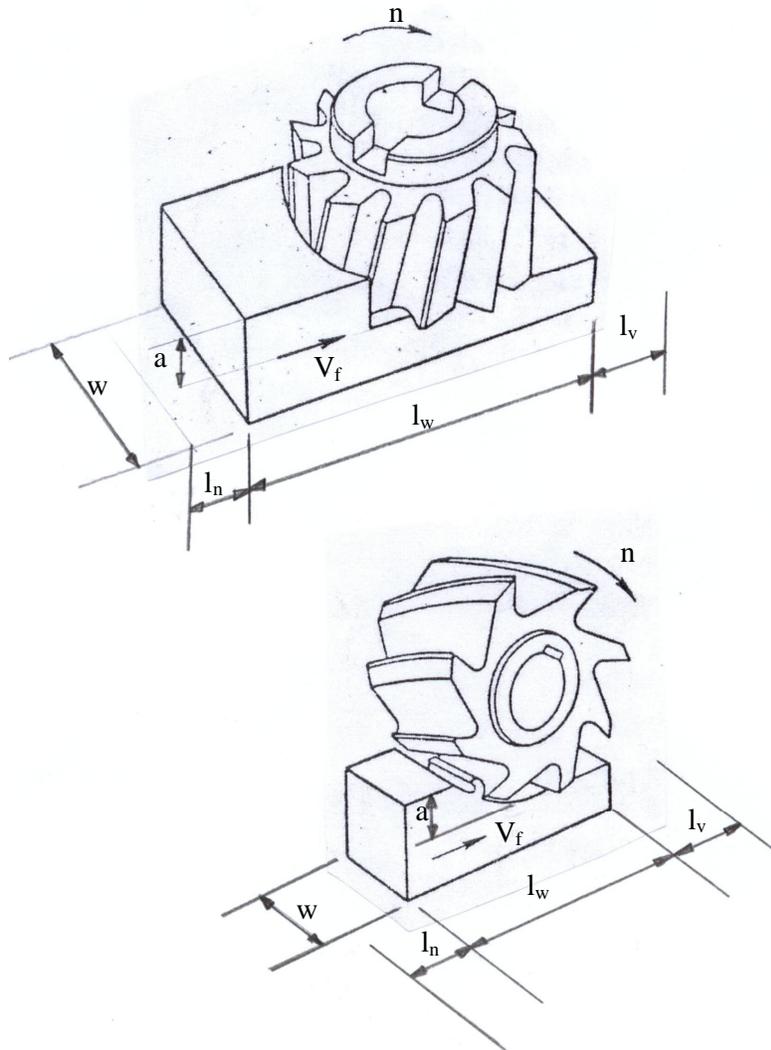
klem. Berbagai bentuk klem (Gambar 3.24) dan baut pengikatnya biasanya digunakan untuk satu benda kerja yang relatif besar.



Gambar 3.24. Berbagai bentuk klem untuk memegang benda kerja pada meja mesin frais

H. Elemen Dasar Proses Frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut. Elemen diturunkan berdasarkan rumus dan Gambar 3.25 berikut :



Gambar 3.25. Gambar skematis proses frais vertikal dan frais horisontal

Keterangan :

Benda kerja :

- w = lebar pemotongan; mm
- l_w = panjang pemotongan ; mm
- l_t = $l_v+l_w+l_n$; mm
- a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais :

- d = diameter luar ; mm
- z = jumlah gigi (mata potong)
- r = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais selubung)

Mesin frais :

- n = putaran poros utama ; rpm
- v_f = kecepatan makan ; mm/putaran

1) Kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000}; m / menit \dots\dots\dots (3.2)$$

2) Gerak makan per gigi

$$f_z = v_f / z.n; mm / menit \dots\dots\dots (3.3)$$

3) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; menit \dots\dots\dots (3.4)$$

4) Kecepatan penghasilan beram

$$Z = v_f . a . w / 1000 cm^3 / menit \dots\dots\dots (3.5)$$

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses frais. Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin frais yang bervariasi menyebabkan analisa proses frais menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bukan hanya kecepatan potong dan gerak

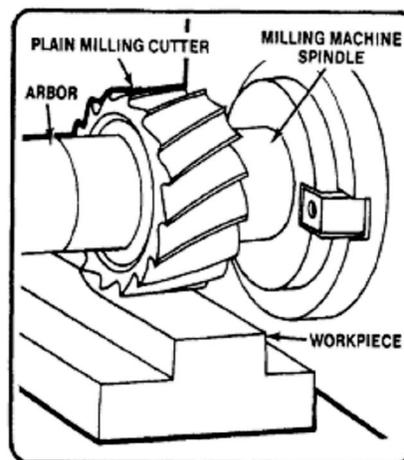
cara pengekaman, gaya potong, kehalusan produk, getaran mesin dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisa/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal.

I. Pembuatan benda kerja dengan mesin frais

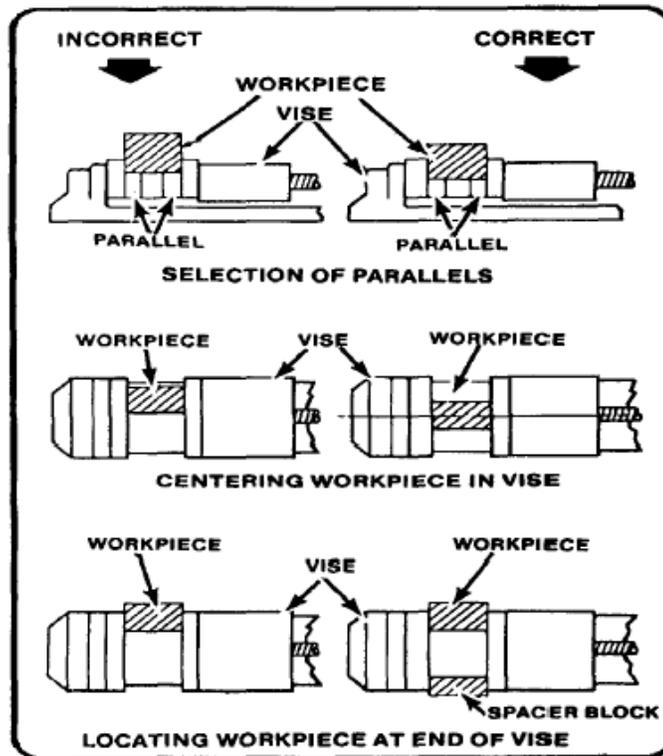
Beberapa variasi bentuk benda kerja bisa dikerjakan dengan mesin frais. Perencanaan proses frais dibahas satu kesatuan dengan beberapa pengerjaan proses frais.

a. Proses Frais datar/ rata

Proses frais datar/rata (dinamakan juga *surface milling* atau *slab milling*) adalah proses frais dengan sumbu pahat paralel terhadap permukaan benda kerja (Gambar 3.26). Frais rata dilakukan dengan cara permukaan benda kerja dipasang paralel terhadap permukaan meja mesin frais dan pahat frais dipasang pada arbor mesin. Benda kerja dicekam dengan ragum biasa (Gambar 3.20a), sebaiknya bagian benda kerja yang menonjol di atas ragum tidak terlalu tinggi agar benda kerja tidak bergetar (Gambar 3.27). Arbor dipasang horisontal didukung oleh spindel mesin dan penahan arbor di sisi yang lain.



Gambar 3.26. Proses frais rata (*surface/slab milling*)



Gambar 3.27. Cara pengekaman benda kerja , bagian kiri pengekaman yang salah (*incorrect*) dan bagian kanan pengekaman yang benar (*correct*)

Pahat yang digunakan untuk proses pengasaran (*roughing*) sebaiknya dipilih pahat frais yang ukuran giginya relatif besar, dengan kecepatan potong dipilih yang minimal dari kecepatan potong yang diijinkan untuk pasangan pahat dan benda kerja yang dikerjakan (Tabel 3.1). Untuk proses finishing pahat yang digunakan dipilih pahat yang memiliki gigi yang relatif kecil dengan kecepatan potong dipilih harga terbesar dari kecepatan potong yang diijinkan. Gerak makan pergigi ditentukan berdasarkan ketebalan beram yang diinginkan (direncanakan). Tebal beram dapat dipilih berdasarkan benda kerja dan pahat yang

em penckaman, dan kecepatan potong. Tebal beram disarankan seperti Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Kecepatan potong untuk proses frais untuk pasangan benda kerja dan pahat HSS

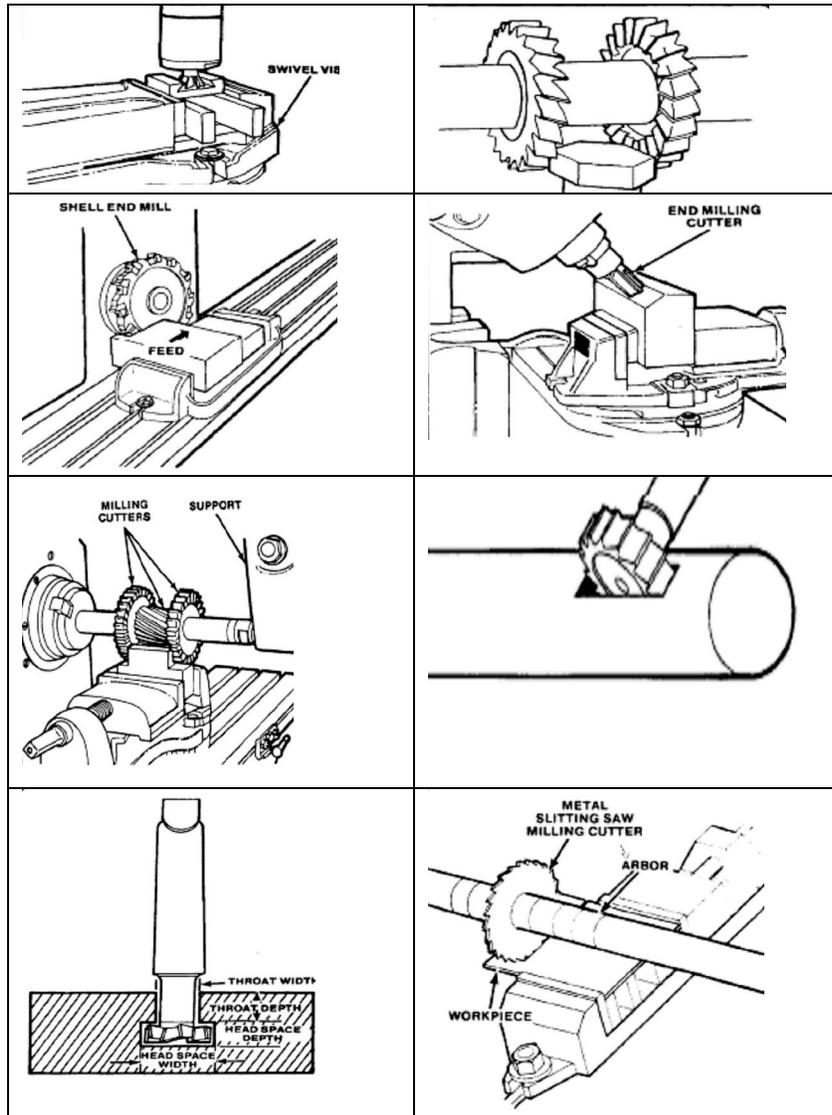
MATERIAL	CUTTING SPEED (sfpm) ^{1, 2}			
	PLAIN MILLING CUTTERS		END MILLING CUTTERS	
	Roughing	Finishing	Roughing	Finishing
Aluminum	400 to 1,000	400 to 1,000	400 to 1,000	400 to 1,000
Brass, composition.....	125 to 200	90 to 200	90 to 150	90 to 150
Brass, yellow.....	150 to 200	100 to 250	100 to 200	100 to 200
Bronze, phosphor and manganese	30 to 80	25 to 100	30 to 80	30 to 80
Cast iron (hard).....	25 to 40	10 to 30	25 to 40	20 to 45
Cast iron (soft and medium)	40 to 75	25 to 80	35 to 65	30 to 80
Monel metal	50 to 75	50 to 75	40 to 60	40 to 60
Steel, hard.....	25 to 50	25 to 70	25 to 50	25 to 70
Steel, soft.....	60 to 120	45 to 110	50 to 85	45 to 100

- 1) Untuk pahat karbida harga kecepatan potong angka pada tabel dikalikan 2.
- 2) Apabila satua kecepatan potong (cutting speed diubah menjadi m/menit angka pada tabel dibagi 3,28)

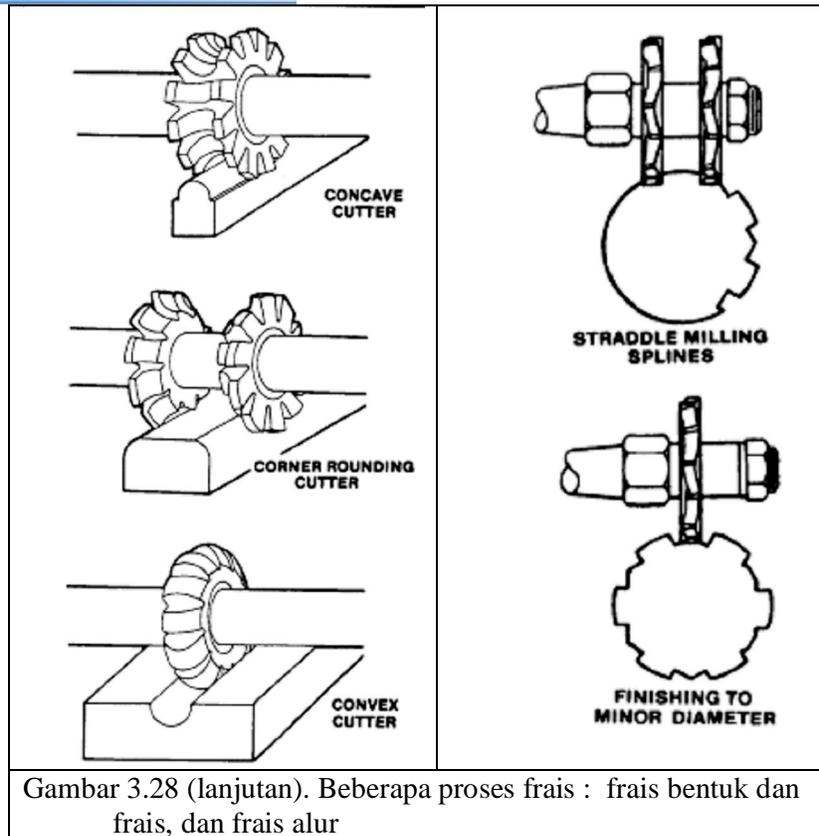
Tabel 3.2. Tebal beram per gigi untuk beberapa tipe pahat frais dan benda kerja yang dikerjakan (satuan dalam inchi)

TYPE OF CUTTER	ALUMINUM		BRONZE		CAST IRON		FREE MACHINING STEEL		ALLOY STEEL	
	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE
FACE MILLS	.007	.007	.005	.004	.004	.006	.003	.004	.002	.003
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
HELICAL MILLS	.022	.020	.014	.012	.016	.020	.012	.016	.008	.014
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
SIDE CUTTING MILLS	.004	.004	.003	.003	.002	.003	.002	.003	.001	.002
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
END MILLS	.013	.012	.008	.007	.009	.012	.007	.009	.005	.008
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
FORM RELIEVED CUTTERS	.003	.003	.003	.002	.002	.003	.001	.002	.001	.002
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
CIRCULAR SAWS	.011	.010	.007	.006	.008	.010	.006	.008	.004	.007
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
FORM RELIEVED CUTTERS	.002	.002	.001	.001	.002	.002	.001	.002	.001	.001
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
CIRCULAR SAWS	.007	.006	.004	.004	.005	.006	.004	.005	.003	.004
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
CIRCULAR SAWS	.002	.002	.001	.001	.001	.002	.001	.001	.005	.001
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to
CIRCULAR SAWS	.005	.005	.003	.003	.004	.006	.003	.004	.002	.004
	to	to	to	to	to	to	to	to	to	to

mesin yang lain (Rumus 3.2 sampai 3.5), bisa dilakukan setelah kecepatan potong dan gerak makan per gigi ditentukan. Perhitungan elemen pemesinan untuk proses frais yang lain (Gambar 3.28) identik dengan langkah di atas.



Gambar 3.28. Beberapa variasi proses frais yang dilakukan pada mesin frais



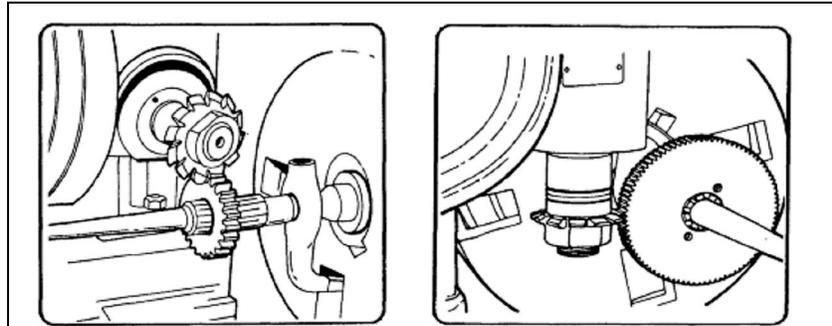
Gambar 3.28 (lanjutan). Beberapa proses frais : frais bentuk dan frais, dan frais alur

b. Proses frais roda gigi

Proses frais gigi (Gambar 3.29) , sebenarnya sama dengan frais bentuk pada Gambar 3.28, tetapi karena bentuknya yang spesifik, serta proses penckaman dan pemilihan pahat berbeda maka akan dibahas lebih detail. Dari informasi yang diperoleh dari gambar kerja, untuk proses frais roda gigi diperoleh data tentang jumlah gigi, bentuk profil gigi, modul, sudut tekan, dan dimensi bakal roda gigi.

Dari informasi tersebut perencana proses frais gigi harus menyiapkan : kepala pembagi (Gambar 3.21), pahat frais gigi, dan perhitungan elemen dasar (putaran spindel, gerak makan, dan

...ala pembagi digunakan sebagai pemegang roda gigi (mandrel). Pada kepala pembagi terdapat mekanisme yang memungkinkan operator mesin frais memutar benda kerja dengan sudut tertentu.



Gambar 3.29. Proses frais roda gigi dengan mesin frais horisontal dan dengan mesin frais vertikal

TABLE 8-7. Series of Involute Milling Cutters for each Pitch.

NUMBER OF CUTTER	WILL CUT GEAR FROM:	NUMBER OF CUTTER	WILL CUT GEAR FROM:
1	135 teeth to a rack	5	21 to 25 teeth
2	55 to 134 teeth	6	17 to 20 teeth
3	35 to 54 teeth	7	14 to 16 teeth
4	26 to 34 teeth	8	12 to 13 teeth
NOTE: THE REGULAR CUTTERS LISTED ABOVE ARE USED ORDINARILY. THE CUTTERS LISTED BELOW (AN INTERMEDIATE SERIES HAVING HALF-NUMBERS) MAY BE USED WHEN GREATER ACCURACY OF TOOTH SPACE IS ESSENTIAL IN CASES WHERE THE NUMBER OF TEETH ARE BETWEEN THE NUMBER FOR WHICH THE REGULAR CUTTERS ARE INTENDED.			
NUMBER OF CUTTER	WILL CUT GEAR FROM:	NUMBER OF CUTTER	WILL CUT GEAR FROM:
1-1/2	80 to 134 teeth	5-1/2	19 to 20 teeth
2-1/2	42 to 54 teeth	6-1/2	15 to 16 teeth
3-1/2	30 to 34 teeth	7-1/2	13 teeth
4-1/2	23 to 25 teeth		



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)