

شروط التشغيل المثلى للعمليات الميكانيكية

Table1: Roughness ,Tolerance and Operating conditions

Ra micrometer μm	Roughness Grade Numbers	Operation (Technical method)	Tolerance mm		Operating conditions		
			$\leq 10mm$	$> 10mm$	depth mm	feed ($\frac{mm}{rev.}$)	speed ($\frac{m}{min}$)
> 70		Casting, Forging, sawing, flam cut.	± 0.5	± 1.0	3	0.3	50
> 50		Precision casting	± 0.3	± 0.7			
50 25 12.5		Roughing (milling, turning , drilling)	± 0.1	± 0.2	3	0.3	50
6.3 3.2 1.6		Finishing (milling, turning , drilling)	± 0.07	± 0.1	1	0.1	100
0.8 0.4 0.2		Grinding, Honing Broaching	± 0.01	± 0.02	0.2	0.05	130

NOTE : This virtual table is valid for this exam only For LOW CARBON STEEL and Operating conditions for milling, turning, drilling useful for carbide tool

[مقدمة عامة عن الجدول

الجدول المقدم يوضح العلاقة بين جودة السطح المطلوبة وظروف التشغيل المثلى للمواد. تم تطويره خصيصاً لـ:

- الفولاذ الكربوني المنخفض (*Low Carbon Steel*)
- العمليات الرئيسية: الخراطة، الحفر، والتسيير
- الأدوات المستخدمة: بخاصة أدوات الكريد

هذا الجدول يساعد المهندس في اختيار المعاملات المثلى لضمان:

- إنتاج قطع بالجودة المطلوبة
- تقليل الأخطاء والمخاطر
- زيادة كفاءة الإنتاج
- تقليل التكاليف والوقت

2. مفاهيم أساسية في الجدول

أولاً: خشونة السطح (Ra - Roughness)

التعريف: درجة تقطع السطح أو عدم استوائه، تُقاس بـ ميكرومتر (μm).

الاستخدام النموذجي	الوصف	درجة الخشونة
أسطح لا تتطلب دقة	خشن جداً	$Ra > 70 \mu m$
تجهيز أولي	خشن	$Ra > 50 \mu m$
خراطة الخام	متوسط-خشن	$Ra 50-25 \mu m$
خراطة نهائية	متوسط	$Ra 12.5-6.3 \mu m$
سطح لامع	ناعم	$Ra 3.2-1.6 \mu m$
سطح عالي الدقة	ناعم جداً	$Ra 0.8-0.4 \mu m$
تطبيقات دقيقة جداً	فائق النعومة	$Ra 0.2 \mu m$

الرموز المستخدمة:

- ~ (موجة): تشير إلى عمليات غير محددة (Casting, Forging, Sawing)
- ▽ (مثلث واحد): خراطة الخام (Roughing)
- ▽▽ (مثلثان): خراطة نهائية (Finishing)
- ▽▽▽ (ثلاث مثلثات): عمليات دقيقة جداً (Grinding, Honing)

ثانياً: التسامح (Tolerance)

التعريف: الفرق المسموح به بين البعد المطلوب والبعد الفعلي.

الأنواع:

- التسامح الموجب (+): إضافة على البعد الأساسي
- التسامح السالب (-): طرح من البعد الأساسي

مثال:

text

بعد $20 \pm 0.5 mm$

يعني: البعد يمكن أن يكون بين 19.5 إلى 20.5 mm

ثالثاً: ظروف التشغيل

أ) عمق القطع mm - (Depth of Cut)

- القيمة التي تخترق الأداة في السطح
- عمليات الخام: عمق أكبر (3 mm)
- عمليات النهائية: عمق أصغر (1 mm) أو 0.2 mm

ب) تغذية القطع mm/rev - (Feed Rate)

- المسافة التي تتقدمها الأداة مع كل دورة
- عمليات الخام: تغذية كبيرة (0.3 mm/rev)
- عمليات النهائية: تغذية صغيرة (0.1 mm/rev)

ج) سرعة القطع m/min - (Cutting Speed)

- سرعة حركة السطح المراد تشغيله
- عمليات الخام: سرعة أقل - (50 m/min) لتحمل قوى أكبر
- عمليات النهائية: سرعة أكبر - ($100-130\text{ m/min}$) للحصول على سطح أفضل

3. شرح مفصل لعمليات الخراطة

عملية الخراطة الخام (Roughing)

الهدف: إزالة معظم المادة بسرعة
المواصفات من الجدول:

- جودة السطح $Ra = 50-25\text{ }\mu\text{m}$
- العمق 3 mm
- التغذية 0.3 mm/rev
- السرعة 50 m/min
- التسامح $\pm 0.1\text{ mm}$ للأبعاد $\geq 10\text{ mm}$ ، $\pm 0.2\text{ mm}$ للأبعاد $> 10\text{ mm}$

الخصائص:

- ✓ عمق قطع كبير → إنتاجية عالية
- ✓ قوى قطع كبيرة → تحتاج ماكينات قوية
- ✗ سطح خشن → يحتاج تشطيب نهائي
- ✗ تسامح أكبر → دقة أقل

عملية الخراطة النهائية (Finishing)

الهدف: الحصول على سطح ناعم وأبعاد دقيقة

المواصفات من الجدول:

- جودة السطح $Ra = 6.3-3.2 \mu m$
- العمق $1 mm$
- التغذية $0.1 mm/rev$
- السرعة $100 m/min$
- التسامح $\pm 0.07 mm$: للأبعاد $10 \geq (mm)$ ، $\pm 0.1 mm$ للأبعاد $> 10 mm$

4. أمثلة تطبيقية من الجدول

المثال الأول: عمليات التشغيل المختلفة

العملية	Ra (μm)	العمق (mm)	التغذية (mm/rev)	السرعة (m/min)	الاستخدام
السباكة والطرق والنشر	> 70	-	-	-	إنتاج أولي
السباكة الدقيقة	> 50	-	-	-	إنتاج وسيط
الخراطة الخام	50-25	3	0.3	50	إزالة الخام
الخراطة النهائية	6.3-3.2	1	0.1	100	التشطيب
الطحن والصقل	0.8-0.2	0.2	0.05	130	دقة عالية

المثال الثاني: تأثير التسامح على اختيار العملية

الحالة: نريد عمود قطره $20 mm$

- إذا كان البعد $\rightarrow 20 \pm 0.5 mm$ نستخدم خراطة خام (تسامح كبير)
- إذا كان البعد $\rightarrow 20 \pm 0.1 mm$ نستخدم خراطة نهائية (تسامح أصغر)
- إذا كان البعد $\rightarrow 20 \pm 0.01 mm$ نستخدم طحن وصقل (دقة فائقة)

5. مسائل تطبيقية مع الحلول

المسألة الأولى: اختيار ظروف الخراطة الخام

السؤال:

أنت تقوم بتشغيل عمود من الفولاذ الكربوني المنخفض بطول 100 mm وقطر ابتدائي 50 mm. تحتاج إلى تحويله إلى قطر 40 mm بجودة سطح $Ra = 30 \mu m$ (خراطة خام). استخدم الجدول لتحديد:

- العمق المناسب للقطع
- سرعة التغذية
- سرعة القطع

الحل:

1. تحديد نوع العملية: جودة السطح $Ra = 30 \mu m \rightarrow$ خراطة خام (الرمز ∇)

2. حساب عمق القطع:

- القطر الابتدائي $mm50 =$
- القطر النهائي $mm40 =$
- الفرق $mm10 = 40 - 50 =$
- عمق القطع لكل جانب $= 10 \div 2 = 5 mm$
- ملاحظة: الجدول يقترح 3 mm للخراطة الخام
- الحل: نقوم بعمليتين:

• العملية الأولى: عمق 4 mm قطر $mm42$

• العملية الثانية: عمق 1 mm قطر $mm40$ أو استخدام خراطة نهائية)

3. معاملات الخراطة الخام (من الجدول):

- العمق 3 mm أو 4 mm كحد أقصى)
- التغذية $0.3 mm/rev$:
- السرعة $50 m/min$:

4. النتيجة النهائية:

text

الخراطة الخام للعمود:

- عمق القطع: $mm4$

-تغذية القطع: $0.3 mm/rev$

-سرعة القطع: $50 m/min$

-جودة السطح المتوقعة $Ra \approx 30 \mu m$:

المسألة الثانية: مقارنة بين خراطة الخام والنهائية

السؤال:

عمود من الفولاذ قطره 30 mm ، تحتاج إلى تقليل قطره إلى 25 mm بدقة عالية ($\pm 0.1 mm$) وجودة سطح $Ra = 5 \mu m$

قارن بين:

- أ) خراطة خام مباشرة إلى القطر النهائي
- ب) خراطة خام ثم خراطة نهائية

الحل:

الخيار أ: خراطة خام مباشرة (غير موصى به)

- عمق القطع $mm2.5 = 2 \div (25 - 30)$
- المشكلة: التسامح المطلوب ($\pm 0.1 mm$) أصغر من التسامح في الخراطة الخام ($\pm 0.1 mm$ تقريباً)
- جودة السطح المتوقعة ($Ra \approx 30 \mu m$): غير كافية، نحتاج ($Ra = 5 \mu m$)
- النتيجة: لن نصل للدقة والجودة المطلوبة
- الخيار ب: خراطة خام ثم نهائية (الأفضل)
- المرحلة الأولى - الخراطة الخام:
- الهدف: إزالة معظم المادة بسرعة
- البيانات من الجدول:

• عمق ($3 mm$) لكن لدينا $2.5 mm$ فقط $\rightarrow$ (استخدم $mm2$)

• تغذية $0.3 mm/rev$

• سرعة $50 m/min$

• النتيجة: قطر $\approx 26 mm$ ، $Ra \approx 30 \mu m$

المرحلة الثانية - الخراطة النهائية:

- الهدف: الوصول للدقة والجودة المطلوبة
- البيانات من الجدول:

• عمق ($1 mm$) من $26 mm$ إلى $25 mm$ - عمق $0.5 mm$ من كل جانب

• تغذية $0.1 mm/rev$

• سرعة $100 m/min$

• التسامح $\pm 0.1 \sqrt{mm}$

• جودة السطح $\sqrt{Ra \approx 5 \mu m}$

النتيجة النهائية:

text

المرحلة 1 - الخراطة الخام:

- عمق: $mm2$

- تغذية: $0.3 mm/rev$

- سرعة: 50 m/min

- الوقت: نسبياً قصير

المرحلة 2 - الخراطة النهائية:

- عمق: 0.5 mm من كل جانب

- تغذية: 0.1 mm/rev

- سرعة: 100 m/min

- النتيجة النهائية: قطر $25 \pm 0.1 \text{ mm}$ ، $5 \mu\text{m}$ Ra

المسألة الثالثة: حساب الوقت المطلوب

السؤال:

قطعة عمل بطول 80 mm تحتاج إلى خراطة نهائية. استخدم الجدول لحساب الوقت المطلوب إذا كان:

• التغذية: 0.1 mm/rev من الجدول)

• المحيط عند نقطة التشغيل $80 \text{ mm} \approx 78.5 \text{ mm} = \pi \times 25 \text{ mm}$:

الحل:

خطوة 1: تحويل سرعة القطع إلى عدد الدورات في الدقيقة (rpm)

text

السرعة $(\pi \times \text{القطر}) / 1000 \times \text{rpm}$

$$100 = (\pi \times 25 \times \text{rpm}) / 1000$$

$$\text{rpm} = (100 \times 1000) / (\pi \times 25)$$

$$\text{rpm} = 100,000 / 78.5$$

$$\text{rpm} \approx 1,274 \text{ دورة/دقيقة}$$

خطوة 2: حساب عدد الدورات المطلوبة

text

عدد الدورات = الطول / التغذية

$$\text{عدد الدورات} = 80 / 0.1 \text{ mm/rev} = 800$$

عدد الدورات = 800 دورة

خطوة 3: حساب الوقت

text

الوقت (دقيقة) = عدد الدورات / rpm

$$\text{الوقت} = 1,274 / 800$$

$$\text{الوقت} \approx 0.628 \text{ دقيقة} \approx 37.7 \text{ ثانية}$$

النتيجة النهائية:

text

الوقت المطلوب للخراطة النهائية: حوالي 38 ثانية

(غير مشمول وقت التحضير والتجهيز)

المسألة الرابعة: اختيار العملية المناسبة

السؤال:

عندك ثلاث قطع من الفولاذ الكربوني بقطر 60 mm. تحتاج إلى:

القطعة	القطر النهائي	الجودة المطلوبة	التسامح
أ	50 mm	$Ra = 25 \mu m$	$\pm 0.5 \text{ mm}$
ب	50 mm	$Ra = 5 \mu m$	$\pm 0.1 \text{ mm}$
ج	50 mm	$Ra = 0.5 \mu m$	$\pm 0.01 \text{ mm}$

اختر العملية المناسبة لكل قطعة من الجدول.

الحل:

القطعة (أ):

- الجودة $Ra = 25 \mu m$ خراطة خام (Roughing)
- المعاملات:

- العمق: 3 mm من 60 إلى 54، ثم 54 إلى 50)

- التغذية: 0.3 mm/rev

- السرعة: 50 m/min

- الميزة: سرعة عالية، إنتاجية عالية

القطعة (ب):

- الجودة $Ra = 5 \mu m$ والتسامح $\pm 0.1 \text{ mm}$ خراطة نهائية (Finishing)

- يمكن إضافة خراطة خام أولاً

- المعاملات للخراطة النهائية:

- العمق: 1 mm

- التغذية: 0.1 mm/rev

• السرعة: 100 m/min

• النتيجة: سطح ناعم وأبعاد دقيقة

القطعة (ج):

• الجودة $Ra = 0.5 \mu\text{m}$ والتسامح $\pm 0.01 \text{ mm}$ طحن وصفل (Grinding/Honing)

• العمليات السابقة (خرطة) ضرورية أولاً

• المعاملات:

• العمق: 0.2 mm

• التغذية: 0.05 mm/rev

• السرعة: 130 m/min

• النتيجة: دقة فائقة جداً ونعومة استثنائية

النتيجة النهائية:

text

القطعة أ: خرطة خام فقط (سريعة وقليلة التكلفة)

القطعة ب: خرطة خام + خرطة نهائية (توازن بين الدقة والتكلفة)

القطعة ج: خرطة خام + خرطة نهائية + طحن وصفل (أعلى دقة)

6. خلاصة النقاط الهامة

الملاحظة	النقطة
تزداد الجودة مع تقليل الخشونة (Ra)	جودة السطح
تقل مع زيادة الدقة والجودة المطلوبة	سرعة الإنتاج
أكبر في الخرطة الخام، أصغر في النهائية	عمق القطع
كبيرة في الخام (0.3)، صغيرة في النهائية (0.1)	التغذية
أقل في الخام (50 m/min) ، أعلى في النهائية ($100-130$)	السرعة
أكبر في الخام، أصغر في النهائية والطحن	التسامح

النقطة	الملاحظة
عدد المراحل	كلما زادت الدقة، احتجنا مراحل أكثر

7. القاعدة الذهبية

"ابدأ برخيص وسريع (خام) ، وانته بدقيق وناعم (نهائي)"
هذا يعني:

1. استخدم خراطة خام لإزالة معظم المادة بسرعة
2. ثم استخدم خراطة نهائية للدقة والجودة
3. إذا لزم الحال، استخدم طحن للدقة الفائقة
4. هذا يوفر الوقت والتكاليف دون التضحية بالجودة

Problem 1 – Selecting rough turning conditions

A solid steel bar of diameter 60 mm and length 300 mm must be reduced to 54 mm by **rough turning**.

Available cutting data for roughing:

- Cutting speed $V = 180 \text{ m/min}$
- Feed $f = 0.35 \text{ mm/rev}$
- Depth of cut $a_p = 3 \text{ mm}$

- a) Is this operation **rough turning** or **finish turning**?
- b) Calculate the spindle speed N in rev/min.
- c) Calculate the machining time t .

Final answers:

- a) Rough turning
- b) $N \approx 1060 \text{ rev/min}$
- c) $t \approx 0.48 \text{ min}$ (about 29 s)

Problem 2 – Roughing vs finishing comparison

A shaft requires two operations:

1. **Rough turning** from 50 mm to 44 mm
2. **Finish turning** from 44 mm to 43 mm

Use:

- *Roughing:* $V = 160\text{m/min}$, $f = 0.4\text{mm/rev}$, $a_p = 3\text{mm}$
- *Finishing:* $V = 200\text{m/min}$, $f = 0.15\text{mm/rev}$, $a_p = 0.5\text{mm}$
- *Length of cut for both:* 200 mm

Assume cutting speed is based on the average diameter of each pass.

Final answers (approx.):

- *Roughing time* $\approx 0.30\text{ min}$ (18 s)
 - *Finishing time* $\approx 0.21\text{ min}$ (13 s)
 - *Total* $\approx 0.51\text{ min}$ (31 s)
-

Problem 3 – Time for finish turning to required roughness

*A steel bar is already rough turned. Now a **finish turning** pass is required to achieve surface roughness $R_a \approx 3.2\text{ }\mu\text{m}$.*

Data for finishing:

- *Diameter:* 40 mm
- *Length of cut:* 250 mm
- *Cutting speed:* $V = 220\text{m/min}$
- *Feed:* $f = 0.12\text{mm/rev}$

Compute:

- a) *Spindle speed* N
- b) *Machining time* t

Final answers:

a) $N \approx 1750 \text{ rev/min}$

b) $t \approx 0.12 \text{ min}$ (about 7.2 s)

Problem 4 – Selecting the suitable operation from the table

From the “optimal operating conditions” table (for low-carbon steel):

- *Rough turning:*
 - *Feed: 0.3–0.5 mm/rev*
 - *Depth of cut: 2–5 mm*
 - *Surface roughness: $Ra \approx 25\text{--}50 \mu\text{m}$*
- *Finish turning:*
 - *Feed: 0.05–0.2 mm/rev*
 - *Depth of cut: 0.2–1 mm*
 - *Surface roughness: $Ra \approx 1.6\text{--}3.2 \mu\text{m}$*

For each requirement, choose rough or finish turning:

1. *Removing 4 mm from the diameter as fast as possible; roughness not important.*
2. *Final pass on a shaft requiring $Ra = 2 \mu\text{m}$.*
3. *Operation with feed = 0.4 mm/rev, depth of cut = 3 mm.*
4. *Operation with feed = 0.1 mm/rev, depth of cut = 0.5 mm.*

Final answers:

1. *Rough turning*
2. *Finish turning*
3. *Rough turning*
4. *Finish turning*