التفاوتات والازدوجات Tolerances and Fits

تتطلب الصناعة وتقوم على انتاج القطع الميكانيكية-المشغولات بالمقاسات الدقيقة تماماً. ومع أن الحقيقة غير ذلك، فإن الواقع يتطلب انتاج مشغولات ذات قدرٍ معين من الدقة كأن تكون أكبر أو أصغر من مقاسٍ (حجم) أساسي ببضعة ميكرونات (الميكرون = 10^{-3} ملم = 10^{-6} متر). فالعمود الذي يصمم على أساس أن قطره المضبوط يساوي Ø60، مثلاً، سوف يتم تصنيعه بقطرٍ أكبر أو أصغر من هذه القيمة ببضعة ميكرونات مهما كانت دقة درجة التصنيع المستخدمة.

مصطلحات أساسية

البعد الاسمي Nominal Size or Dimension.

المقاس الأساسي المحسوب في التصميم والمعطى في الرسم.

البعد الحقيقي actual dimension: البعد الناتج بعد التشغيل.

انحراف deviation: الفرق بين القياس الحقيقي والقياس الاسمي.

العمود Shaft: لفظٌ يطلق على كل جزءٍ مستدير مطلوبٌ تركيبه داخل أحد الثقوب أو الفتحات. وهو يأخذ أسماء متعددة كالمحور أو المسمار أو القضيب أو البرغي .. الخ.

الثقب Hole: أي تجويفٍ، فتحةٍ عملت من أجل ادخال عمودٍ داخلها لنقل حركة أو لربط قطعتين أو حتى كسدادة زيت.

التفاوت Tolerance: الفرق المسموح به لقياسات أية قطعة صنعت، حيث يمثل بالفرق بين بعدها الأكبر وبعدها الأصغر.

السماح Allowance: الفرق بين أصغر قطر ثقب وأكبر قطر عمود في المزدوجة وهو الإصطلاح الذي يعطى للحد الأدنى للخلوص أو الحد الأعلى للتداخل. كما يمكن تعريفه كالفرق بين البعد الحقيقي والبعد الاسمي للمشغولة. ويميز السماح العلوي للمقاس الاسمي بالفرق بين البعد الأكبر للمشغولة وبعدها الاسمي كما يميز السماح السفلي للمقاس الاسمي للمشغولة بالفرق بين البعد الاسمي وبعدها الأصغر.

المزدوجة أو ازدواج قطعتين Fit**:** مدى تواؤم جزءين مركبين داخل بعضهما البعض من حيث الإحكام أو التخلخل.

التداخل interference**:** التداخل بين عنصري المزدوجة.

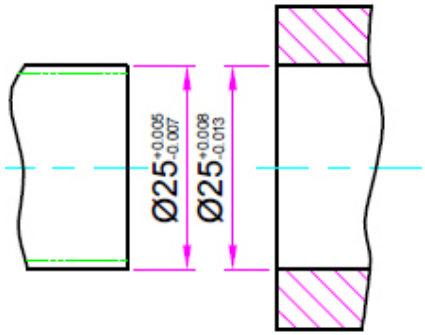
الخلوص clearance: الفراغ بين عنصري المزدوجة.

ازدواج تداخلي interference fit: ازدواج قطعتين بحيث يكون مقاس العمود أكبر من مقاس الثقب.

ازدواج خلوصي Clearance fit: ازدواج قطعتين بحيث يكون مقاس العمود أصغر من مقاس الثقب

أمثلة على استخدام جداول التفاوتات

مثال 1: حدد المدى القياسي للقطرين الذي سيصنع بهما العمود $\phi 25^{+0.005}_{-0.007}$ والفتحة $\phi 25^{-0.008}_{-0.013}$ في الشكل التالي؟



شـــــكل A.14: الـتفـاوت واالتوافق

الـحـل:

المقاس الأساسي لقطر العمود والثقب هو 25 ملم.

قياس العمود، شكل A.14:

أكبر مقاس للقطر يمكن أن يصله العمود هو

$$25 + 0.005 = 25.005 \text{ mm}$$

أصغر مقاس لقطر العمود يمكن أن يصله هو

$$25 - 0.007 = 24.993 \text{ mm}$$

سيتراوح قطر العمود عند صناعته ما بين 24.993 و 25.005 ملم. وبالتالي فالتفاوت القائم بين أكبر قياس للعمود وأصغر قياس له هو:

$$0.005 + 0.007 = 0.012 \text{ ملم}$$

أو 12 ميكرون.

قياس الفتحة، شكل A.14:

أكبر مقاس للقطر يمكن أن تصله الفتحة هو

$$25 + 0.008 = 25.008 \text{ mm}$$

أصغر مقاس لقطر الفتحة يمكن أن يصله هو

$$25 - 0.013 = 24.987 \text{ mm}$$

سيتراوح قطر الفتحة عند ثقبها أو تشغيلها ما بين 24.987 و 25.008 ملم. وبالتالي فالتفاوت القائم بين أكبر قياس لقطر الفتحة وأصغر قياس لها هو:

$$0.008 + 0.013 = 0.021 \text{ ملم}$$

أو 21 ميكرون.

مثال 2

حدد الازدواج الناشئ للعمود داخل مبيته Ø45H8/f7

المقاس الأساسي لقطر العمود والثقب هو 45 ملم.

قياس الثقب Ø45H8

أكبر وأقل سماح لقطر الثقب عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول التالي:

Housing Tolerance Table ISO

Ø45H8/--

≥	<	B10	C9	D8	E7	E8	F7	G7	H6	H7	H8
30	40	+270 +170	+182 +120	+119 +80	+75 +50	+89 +50	+50 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0
40	50	+280 +180	+192 +130								

شكل B.14: جدول التفاوتات والازدواجات للثقب Ø45H8

حيث نجد أن أقصى سماح يساوي 39 ميكرون أو

ES = 39 micron = 0.039 mm

أدنى سماح، لا يوجد

EI = 0 micron = 0.0 mm

لذلك، فأكبر مقاس لقطر الفتحة (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 + 0.039 = 45.039 mm

أصغر قطر ممكن للفتحة هو المقاس الأساسي.

45 + 0.000 = 45.000 mm

قياس العمود Ø45f7

أكبر وأقل سماح لقطر العمود عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول المرفق.

أقصى سماح

es = -25 micron = -0.025 mm

أدنى سماح

ei = -50 micron = - 0.05 mm

Shaft Tolerance Table ISO Ø45--/f7

≥	<	c9	d8	e7	e8	f7	g6
30	40	-120 -182	-80 -119	-50 -75	-50 -89	-25 -50	-9 -25
40	50	-130 -192					

شكل C.14: جدول التفاوتات والازدواجات للعمود Ø45f7

لذلك، فأكبر مقاس لقطر العمود (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 - 0.025 = 44.975 mm

أصغر قطر ممكن للعمود هو

45 - 0.050 = 44.950 mm

لذلك، فالازدواج الناشئ بين أكبر ثقب وأصغر عمود يعطي الخلوص الأكبر

0.050 + 0.039 = 0.089 mm

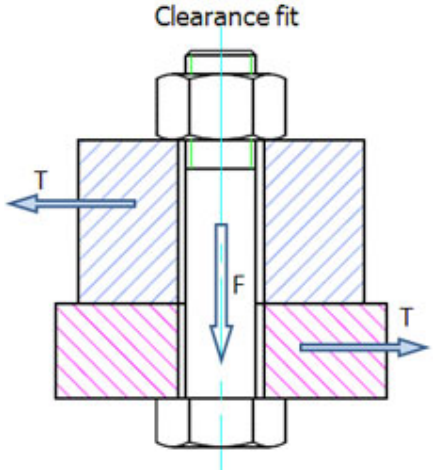
أو 89 ميكرون.

أما الازدواج الناشئ بين أصغر ثقب وأكبر عمود فيعطي الخلوص الأصغر،

0.000 + 0.025 = 0.025 mm

أو 25 ميكروناً.

يدعى هذا النوع **بالازدواج الخلوصي** ClearanceFit، الذي ينشأ عنه خلوص صغير، حيث يستخدم في الآليات المتوسطة والخفيفة.



شـــــكل D.14: الازدواج الخلوصي Clearance Fit قطر العمود أصغر من قطر الفتحات

مثال 3: حدد الازدواج الناشئ بين كرسي التحميل Bearing **مع المحور** Ø45H7/n6

المقاس الأساسي لقطر العمود والثقب هو 45 ملم.
قياس الثقب Ø45H7.

أكبر وأقل سماح لقطر الثقب عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول المرفق في الأعلى، **شكل B.14**.
أقصى سماح

ES = 25 micron = 0.025 mm

أدنى سماح

EI = 0 micron = 0.0 mm

لذلك، فأكبر مقاس لقطر الفتحة (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 + 0.025 = 45.025 mm

أصغر قطر ممكن للفتحة هو

45 + 0.000 = 45.000 mm

قياس العمود Ø45n6
أكبر وأقل سماح لقطر العمود عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول المرفق أعلاه.

Shaft Tolerance Table ISO Ø45--/n6

≥	<	c9	d8	m6	n6	p6	p7	r6	s6
30	40	-120 -182	-80 -119	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+51 +26	+50 +34	+59 +43
40	50	-130 -192							

شكل E.14: جدول التفاوتات والازدواجات للعمود Ø45n6

أقصى سماح

es =+33 micron = + 0.033 mm

أدنى سماح

ei = +17 micron = +0.017 mm

لذلك، فأكبر مقاس لقطر العمود (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 + 0.033 = 45.033 mm

أصغر قطر ممكن للعمود هو

45 + 0.017 = 45.017 mm

لذلك، فالازدواج الناشئ بين أكبر ثقب وأصغر عمود يعطي الخلوص الأكبر

0.025 - 0.017 = 0.008 mm

أو 8 ميكرون.

أما التوافق الناشئ بين أصغر ثقب وأكبر عمود فيعطي تداخلاً معيناً، مقداره

0.000 - 0.033 = - 0.033 mm

أو 33 ميكرون.

ولذلك، فالازدواج الناشئ بين أكبر ثقب وأصغر عمود يعطي خلوصاً، مقداره 8 ميكرونات. كما يعطي الازدواج الناشئ بين أصغر ثقب وأكبر عمود تداخلاً، مقداره 33 ميكرونات.

يدعى هذا النوع من الازدواجات Ø 45H7/n6 بازدواج الحشر Push fit. ينشأ عنه، في المتوسط، خلوصاً ضئيلاً للغاية. وهو من أنواع **الازدواجات الانتقالية** Interference Fit الذي يستخدم في التطبيقات التي تستلزم الإبقاء على أدنى قدرٍ ممكن من الخلوص أو التداخل كالحالات التي تتطلب التخلص من الاهتزازات.

مثال 4: حدد الازدواج الناشئ بين عمود وجلبة Ø45H7/s6 Bushing

Housing Tolerance Table ISO Ø45H7/--

≥	<	B10	C9	D8	E7	E8	F7	G7	H6	H7	H8
30	40	+270 +170	+182 +120	+119 +80	+75 +50	+89 +50	+50 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0
40	50	+280 +180	+192 +130								

شكل F.14: جدول التفاوتات والازدواجات للثقب Ø45H7

المقاس الأساسي لقطر العمود والثقب هو 45 ملم.
قياس الثقب Ø45H7.

أكبر وأقل سماح لقطر الثقب عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول المرفق في الأعلى.
أقصى سماح

ES = 25 micron = 0.025 mm

أدنى سماح

EI = 0 micron = 0.0 mm

لذلك، فأكبر مقاس لقطر الفتحة (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 + 0.025 = 45.025 mm

أصغر قطر ممكن للفتحة هو

45 + 0.000 = 45.000 mm

قياس العمود Ø45s6
أكبر وأقل سماح لقطر العمود عن المقاس الأساسي نستخرجه من الجدول المرفق أعلاه.

Shaft Tolerance Table ISO Ø45--/s6

≥	<	c9	d8	m6	n6	p6	p7	r6	s6
30	40	-120 -182	-80 -119	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+51 +26	+50 +34	+59 +43
40	50	-130 -192							

شكل G.14: جدول التفاوتات والازدواجات للعمود Ø45s6

أقصى سماح

es =+59 micron = + 0.059 mm

أدنى سماح

ei = +43 micron = +0.043 mm

لذلك، فأكبر مقاس لقطر العمود (القطر الأكبر) يمكن أن يصله هو

45 + 0.033 = 45.059 mm

أصغر قطر ممكن للعمود هو

45 + 0.017 = 45.043 mm

لذلك، فالازدواج الناشئ بين أكبر ثقب وأصغر عمود يعطي التداخل الأصغر

0.025 - 0.043 = - 0.018 mm

أو 18 ميكرون.

أما الازدواج الناشئ بين أصغر ثقب وأكبر عمود فيعطي التداخل الأكبر

0.000 - 0.059 = - 0.059 mm

أو 59 ميكرون.

ولذلك فالازدواج الناشئ بين أكبر ثقب وأصغر عمود يعطي التداخل الأصغر، مقداره 18 ميكرونا. كما يعطي الازدواج الناشئ بين أصغر ثقب وأكبر عمود التداخل الأكبر، مقداره 59 ميكروناً.

يدعى هذا النوع من الازدواجات ϕ45H7/s6 بازدواج الضغط الشديد Heavy press fit، ينشأ عنه تداخلاً يتروح في المقدار. وهو من أنواع **الازدواجات التداخلية** Interference Fit الذي يستخدم في التجميعات الدائمة وشبه الدائمة والمكونة على الأغلب من عناصر غير حديدية. يستلزم أحياناً تجميع عناصر الازدواج تسخين الجزء الخارجي و/أو تبريد الجزء الداخلي للتركيب.