



Předepisování Toleranční analýzy

Šimon Kovář



Geometrické tolerance

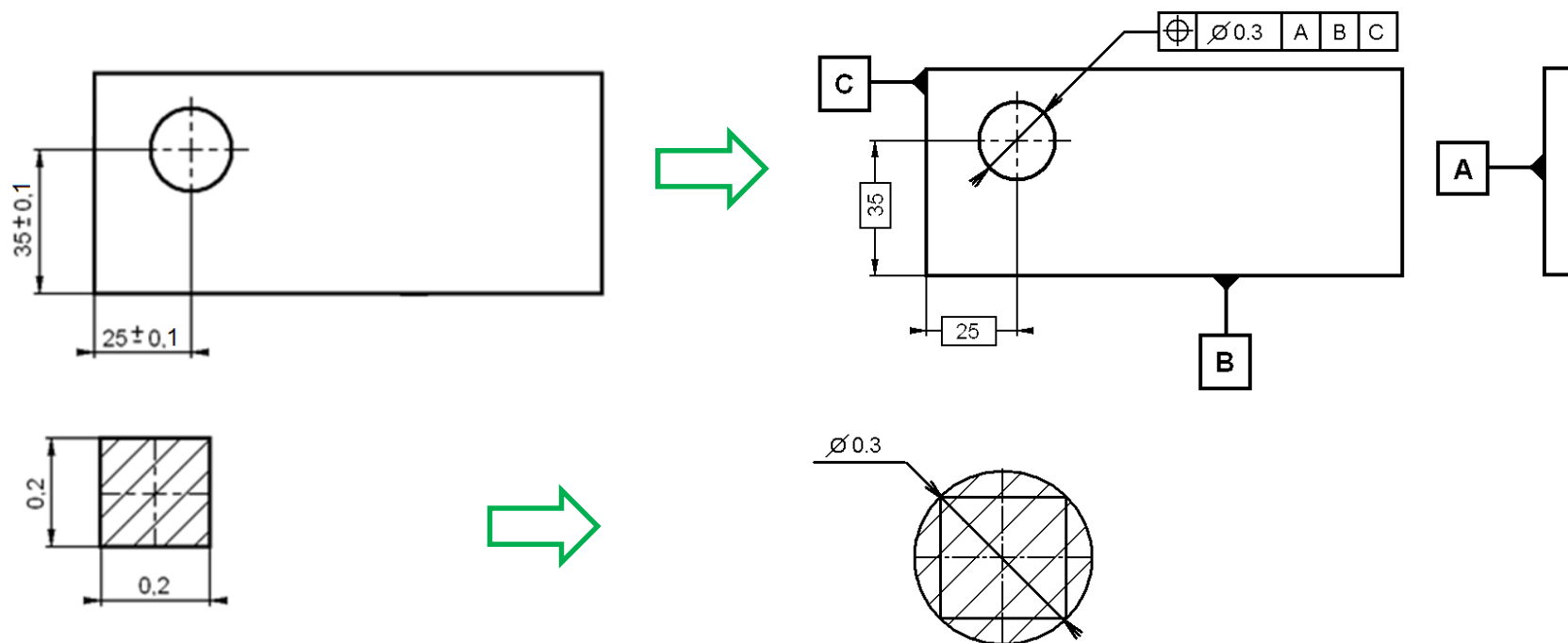
Předepisování tolerancí tvaru a polohy se řídí normou
ČSN EN ISO 1101.

Předpis pro tolerování nepředepsaných tolerancí rozměrů
a nepředepsaných geometrických tolerancí
ISO 2768-mK

m – třída přesnosti tolerancí délkových a úhlových
rozměrů

K – třída přesností geometrických tolerancí

Porovnání tolerančních zón – dvouosá a kruhová







Obdélníková (čtvercová) toleranční zóna



Kruhová toleranční zóna

Tolerance tvaru a polohy




FORM

	STRAIGHTNESS
	FLATNESS
	CIRCULARITY
	CYLINDRICITY




PROFILE

	PROFILE SURFACE
	PROFILE LINE



ORIENTATION









	PARALLELISM
	PERPENDICULARITY
	ANGULARITY








LOCATION

	CONCENTRICITY
	POSITION
	SYMMETRY

RUNOUT

	CIRCULAR RUNOUT
	TOTAL RUNOUT

	CONCENTRICITY
	CIRCULARITY
	STRAIGHTNESS
	PARALLELISM
	FLATNESS
	CYLINDRICITY
	DIAMETER
	POSITION

	PROFILE SURFACE
	PROFILE LINE
	SYMMETRY
	PERPENDICULARITY
	ANGULARITY
	CIRCULAR RUNOUT
	TOTAL RUNOUT


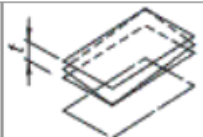
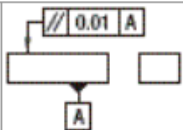

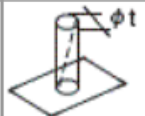
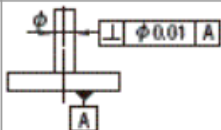

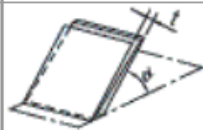
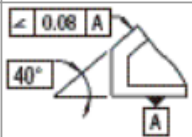


Tolerance tvaru a polohy



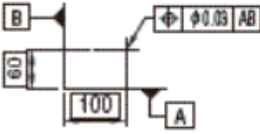

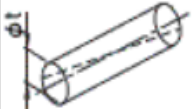
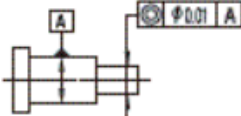


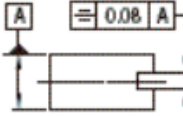
Type of tolerance		Symbol	Definition of tolerance range	Examples of drawings and their interpretations
Shape tolerances	Straightness tolerance		 If the symbol ϕ is attached before the numerical value that indicates the tolerance range, this tolerance range is the range within a cylinder of diameter t .	 If a tolerance frame is connected to a dimension that indicates the diameter of a cylinder, the axis line of the cylinder shall be contained within a cylinder of 0.08mm diameter.
	Flatness tolerance		 The tolerance range is the area between two parallel planes separated by distance t .	 This surface shall be contained within two parallel planes separated by 0.08mm.
	Circularity tolerance		 The tolerance range in the considered plane is the area between two concentric circles separated by distance t .	 The circumference in any section normal to the axis shall be contained between two concentric circles separated by 0.1mm on the same plane.
	Cylindricity tolerance		 The tolerance range is the range contained between two coaxial cylinder surfaces separated by distance t .	 The considered surface shall be contained between two coaxial cylinder surfaces separated by 0.1mm.
	Profile tolerance of line		 The tolerance range is the range contained between the two envelope curves formed by a circle with diameter t , the centre of which is situated on the theoretically correct profile curve.	 In any cross-section parallel to the projection plane, the considered profile shall be contained between the two envelope curves formed by a 0.04mm diameter circle, the centre of which is situated on the theoretically correct profile curve.
	Profile tolerance of surface		 The tolerance range is the range contained between the two enveloping surfaces formed by a sphere with diameter t , the centre of which is situated on the theoretically correct profile surface.	 The considered surface shall be contained between the two enveloping surfaces formed by a 0.02mm diameter sphere, the centre of which is situated on the surface containing the theoretically correct profile.




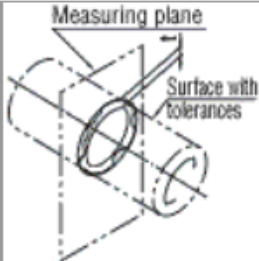
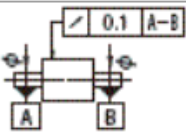


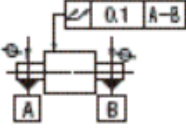
Tolerance tvaru a polohy

Orientation tolerances	Parallelism tolerance			<p>The tolerance range is the range contained between two planes parallel to the datum plane and separated by distance t.</p>		<p>The surface shown by the arrow of the indicator line shall be contained between two planes parallel to the datum plane A and separated by 0.01mm in the direction of the arrow of the indicator line.</p>
	Perpendicularity tolerance			<p>If symbol ϕ is attached before the numerical value indicating the tolerance range, this tolerance range is the range contained within a cylinder of diameter t that is perpendicular to the datum plane.</p>		<p>The axis of the cylinder shown by the arrow of the indicator line shall be contained within a cylinder of diameter 0.01mm that is perpendicular to the datum plane A.</p>
	Angularity tolerance			<p>The tolerance range is the range contained between two parallel planes inclined at a specified angle to the datum plane and separated from each other by distance t.</p>		<p>The surface shown by the arrow of the indicator line shall be contained between two parallel planes which are inclined with theoretical exactness by 40 degrees to the datum plane A, and which are separated by 0.08mm in the direction of the arrow of the leader line.</p>

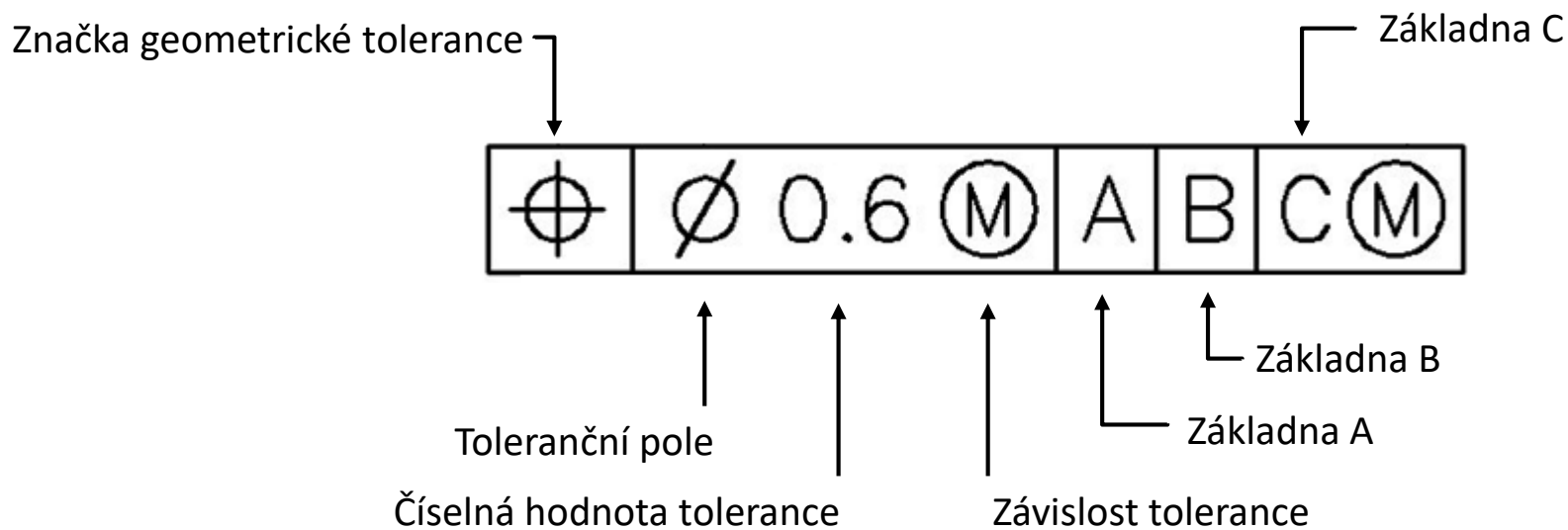
Tolerance tvaru a polohy

Positional tolerances	Positional tolerance	 	<p>The tolerance range is the range contained within a circle or sphere of diameter t with its centre situated at the theoretically exact location of the considered point (hereafter referred to as the "true location").</p>		<p>The point shown by the indicator line shall be contained within a 0.03mm diameter circle with its centre situated at the true location 60mm from datum line A and 100mm from datum line B.</p>
	Coaxiality tolerance or concentricity tolerance	 	<p>If symbol ϕ is attached before the numerical value that indicates the tolerance, the tolerance range is the range within a cylinder of diameter t whose axis matches the datum axis line.</p>		<p>The axis of the cylinder shown by the arrow of the indicator line shall be contained within a cylinder of diameter 0.01mm whose axis matches datum axis line A.</p>
	Symmetry	 	<p>The tolerance range is the range contained between two parallel planes separated by distance t and arranged symmetrically with respect to the datum centre plane.</p>		<p>The centre plane shown by the arrow of the indicator line shall be contained between two parallel planes separated by 0.08mm and arranged symmetrically with respect to the datum centre plane A.</p>

Tolerance tvaru a polohy

Run-out tolerances	Circular run-out tolerance		 <p>The tolerance range is the range contained between two concentric circles separated in the axial direction by distance t and the centres of which are situated on the datum axis line on any measuring plane normal to the datum axis line.</p>		The radial run-out of the cylinder surface shown by the arrow of the indicator line shall not exceed 0.1mm on any measuring plane normal to the datum axis line when the cylinder is rotated by one rotation about the datum axis line A-B.
	Total run-out tolerance		 <p>The tolerance range is the range contained between two coaxial cylinders having axes agreeing with the datum axis line and separated from each other by distance t in the radial direction.</p>		The total radial run-out of the cylinder surface shown by the arrow of the indicator line shall not exceed 0.1mm at any point on the cylinder surface when the cylindrical part is rotated about the datum axis line A-B.

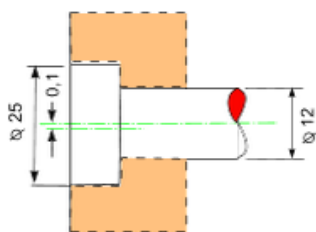
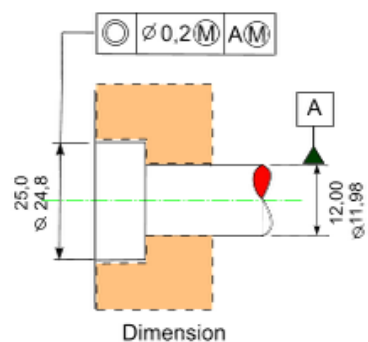
Tolerance tvaru a polohy - předepisování



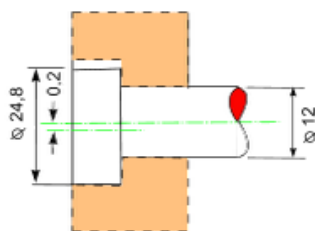
Závislé tolerance

Podmínka	Symbol	Označení
Podmínka obalové plochy	E	Ⓔ
Podmínka maxima materiálu	M	Ⓜ
Podmínka minima materiálu	L	Ⓛ
Podmínka reciprocity	R	Ⓡ

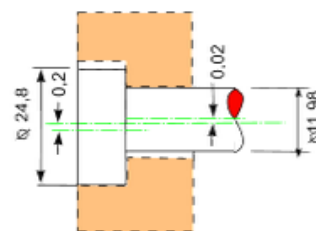
Příklad použití podmínky maxima materiálu



1) Shoulder and shaft at maximum material condition



2) Shoulder at minimum material condition, shaft maximum at max.



3) Shoulder and shaft at minimum material condition

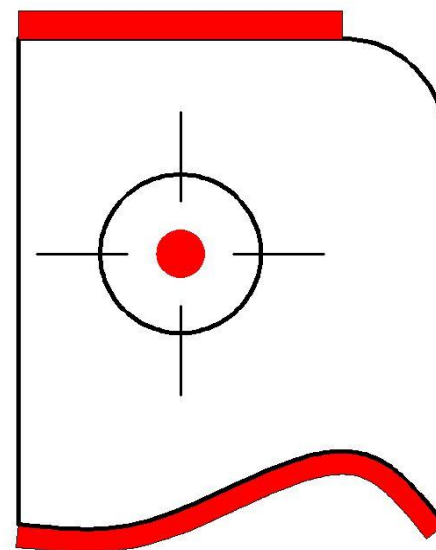
Rozdělení geometrických tolerancí

Tolerance Type	Geometric Characteristics	Symbol	Applied To		Datum Reference Required	Use L or M Material Condition	Gages Used	
			Feature Surface	Feature of Size Dim.				
Form	Straightness	—	YES	YES	NO	YES	YES***	
	Flatness	▱		NO		NO	NO	NO
	Circularity	○						
	Cylindricity	↗						
Location	Positional Tolerance	⊕	NO	YES	YES	YES	YES***	
	Concentricity	◎				NO	NO	
	Symmetry	≡				NO	NO	
Orientation	Perpendicularity	⊥	YES	YES	YES	YES	YES***	
	Parallelism	//						
	Angularity	∠						
Profile	Profile of a Surface	⌒	YES	NO	YES*	YES**	NO	
	Profile of a Line	⌒						
Runout	Circular Runout	↗	YES	YES	YES	NO	NO	
	Total Runout	↗↘						

Toleranční zóna

Pokud je zóna označena jako průměr, je zónou válec.

Není-li popis zóny, je rovnoběžný s rovinou nebo s rovnoměrným okrajem ve tvaru požadované kontury.



Toleranční analýzy

Je obecný termín pro činnosti související se studiem nahromaděných variací dílů a sestav. Tyto metody se hojně využívají například v elektrických a mechanických systémech. Ve strojírenství jimi analyzujeme díly za účelem posouzení geometrického kótování, tolerancí a tolerančních řetězců.

Volba způsobu výpočtu tolerancí a mezních úchylek složek rozměrového řetězce ovlivňuje výrobní přesnost a montážní zaměnitelnost komponent. To má přímý vliv na ekonomiku výroby a provoz. Pro řešení tolerančních vztahů v rozměrových řetězců se používají v technické praxi tři základní metody:

- aritmetická metoda **WC**
- statistická metoda **RSS**
- skupinová zaměnitelnost

<http://www.mitcalc.com/>

MITCalc

Mechanical, Industrial and Technical Calculations

Váš každodenní partner na cestě za dokonalým výrobkem.



Další používané toleranční analýzy

- Analýza rozměrového řetězce deformovaného v důsledku teplotních změn.
- Rozšířená statistická analýza rozměrového řetězce pomocí „6 Sigma“ metoda.
- Toleranční analýza rozměrového řetězce při selektivní montáži včetně optimalizace počtu sestavených výrobků.

Všechny řešené úlohy umožňují pracovat s normalizovanými hodnotami tolerancí a to jak při navrhování a optimalizaci rozměrového řetězce.



Teorie

Lineární rozměrový řetězec je množina nezávislých rovnoběžných rozměrů, které vytvářejí vzájemně uzavřený obvod. Mohou to být rozměry specifikující vzájemnou polohu součástí na jedné straně (obr. 1) nebo rozměry několika částí v montážní jednotce (obr. 2).

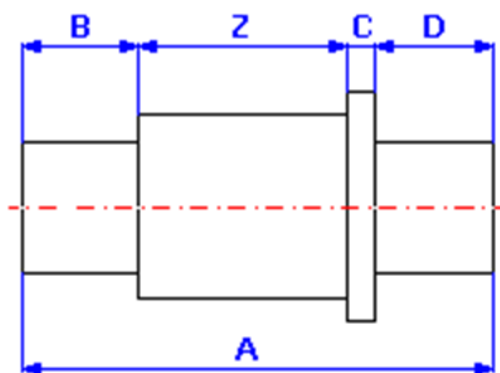


fig. 1

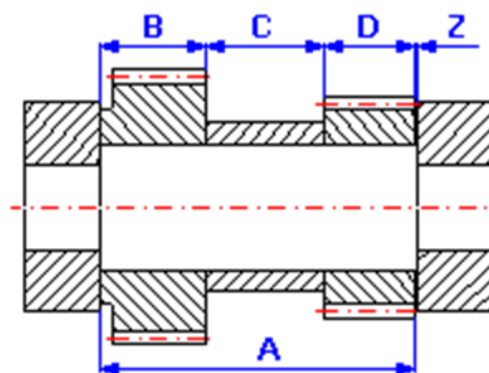


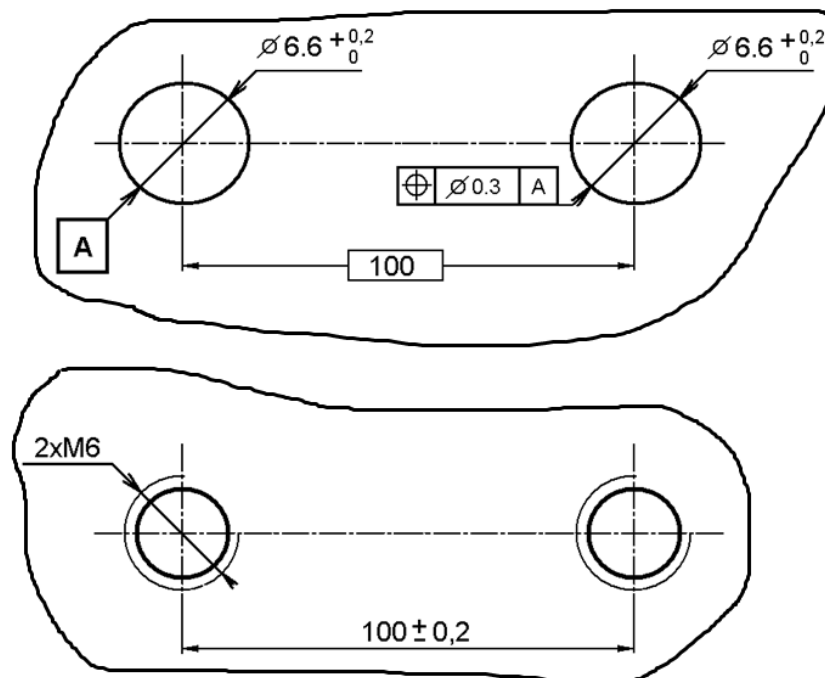
fig. 2

Metoda WC

Metoda WC – nejhorší případ. Jinak by se dala nazvat metodou úplné zaměnitelnosti dílů (100 % dílů bude správně fungovat). Tato metoda vychází z nejhoršího stavu vyráběných dílů. Nevýhodou této metody jsou úzké toleranční meze a tím vyšší náklady na výrobu.



Worst-case – základní příklad



Statistické toleranční analýzy

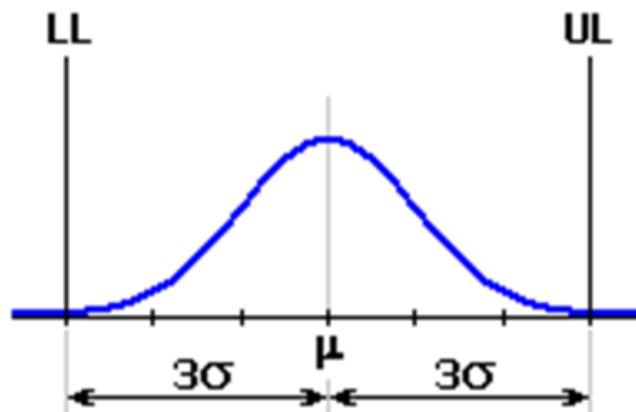
Metoda RSS (Root Sum Squares)

Model analýzy statistické variace využívá principy statistiky pro uvolnění tolerancí součástí bez obětování kvality. Varianty jednotlivých komponent jsou modelovány jako statistické rozložení a tyto rozložení jsou shrnuty tak, aby předpovídaly distribuci měření sestavy. Analýza statistické variace tedy předpovídá distribuci, která popisuje variaci sestavy, ne extrémní hodnoty této změny. Tento analytický model poskytuje zvýšenou flexibilitu návrhu tím, že umožňuje projektantovi navrhnout jakoukoli úroveň kvality.

Metoda RSS

RSS (Root Sum Squares) method

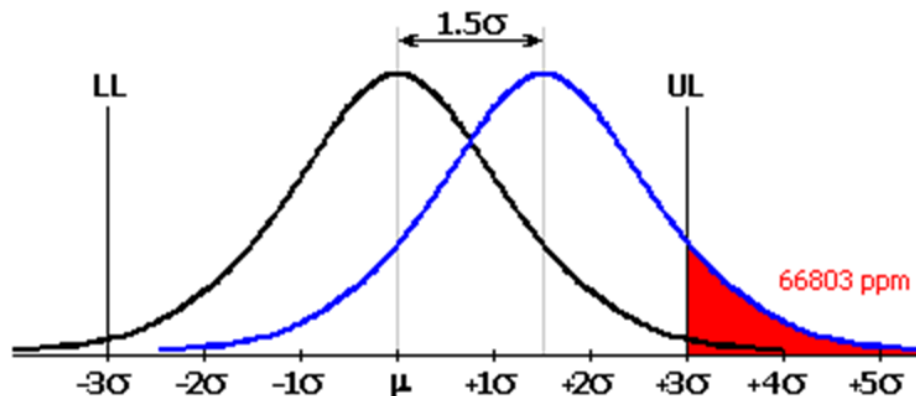
Tato metoda výpočtu je tradiční i nejrozšířenější metodou statistického výpočtu rozměrových řetězců. Metoda RSS je založena na předpokladu, že jednotlivé dílčí součásti jsou vyráběny s úrovní rozdělení procesu (kvality) 3σ .



Metoda 6 σ

Obecně platí, že výrobní proces byl tradičně považován za uspokojivě efektivní na úrovni 3σ . To znamená přibližně 2700 zamítnutých výrobků na jeden milion vyrobených. Přestože se tato část výrobků mimořádně velice zdá být na první pohled velmi dobrá, je v některých oblastech výroby stále více a méně nedostatečná. Kromě toho je téměř nemožné udržet střední hodnotu procesní charakteristické křivky přesně ve středu tolerančního pole v dlouhodobém horizontu.

V případě velkých výrobních objemů se průměrná hodnota procesních charakteristik v průběhu času posunuje kvůli vlivu různých faktorů (nesprávné nastavení, opotřebení nástrojů a přípravků, změny teploty apod.). Překročení hodnoty 1,5% od ideální hodnoty je typické. V případě tradičně přiblížených procesů s úrovní schopností 3σ , což představuje zvýšení poměru vydných produktů na cca. 67000 na jeden milion vyrobených.



Metoda selektivní montáže

Metoda selektivní montáže je velmi **účinnou** metodou řešení rozměrových řetězců, což **umožňuje podstatné zvýšení výrobních tolerancí dílčích dílů** a tím výrazné **snížení výrobních nákladů**. Na druhou stranu aplikace této metody zvyšuje nároky na sestavení výrobku. Provozní náklady se také zvýší, protože obvykle je nutné vyměnit **celou smontovanou součást** v případě opotřebení nebo poškození dílčí součásti.

Závěr

Výkresová dokumentace je v současné době spolu s 3D model zdrojem veškerých informací pro výrobu produktu. Preciznost a správnost provedení je základním předpokladem pro bezproblémovou produkci. Je nutné zdůraznit, že tato dokumentace je živá po celou dobu produkce a že jde o výsledek technické kooperace v rámci všech zúčastněných stran.



Kontrolní otázky:

- Co je a k čemu slouží referenční souřadný systém?
- Jaké používáme tolerance tvaru a polohy?
- K čemu slouží toleranční analýza?
- Popište tři základní způsoby tolerančních analýz?



Příští přednáška bude na téma

„Průmyslově právní ochrana“

Děkuji za pozornost



Použitá literatura a zdroje informací:

https://books.google.cz/books?id=tesKAAAQBAJ&pg=PA502&lpg=PA502&dq=datum+reference+symbol&source=bl&ots=MP-wuCzrI&sig=AkmBHRXbA7wGsbNKDkBlwl3K_Sc&hl=cs&sa=X&ei=0HsJVd_tGlnAPIj8gbgM&ved=0CD0Q6AEwAw#v=onepage&q=datum%20reference%20symbol&f=false

<http://www.mitcalc.com/doc/tolanalysis1d/help/cz/tolanalysis1d.txt.htm>