



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Kontrola a měření strojních zařízení

Téma: **Kontrola předpětí šroubových spojů**

Autor: Ing. Smolek Jan

Číslo: **VY_32_INOVACE_24-10**

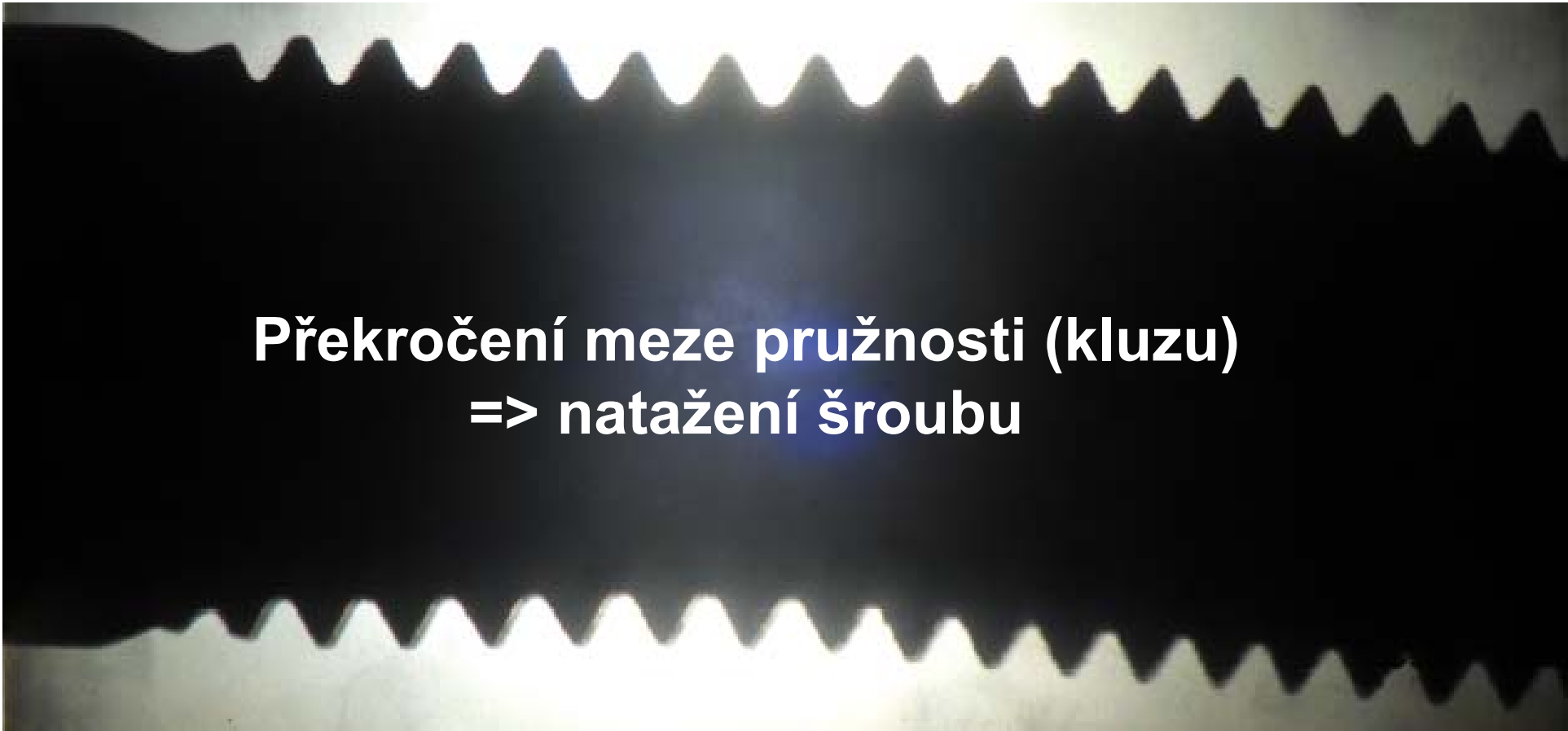
Anotace: Prezentace slouží jako podpora k výkladu o podstatě a způsobech kontroly utahovacích momentů šroubových spojů.

DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů středních průmyslových škol strojnických.

Materiál byl vytvořen v září 2013.

Následky nedodržení utahovacího momentu:

- **Přetížení šroubu do takové míry že:**
 - se ihned (během montáže) poruší
 - porušení způsobí až zvýšení napětí spoje v provozu
 - porušení způsobí až zvýšení teploty spoje v provozu
- **Nedostatečné předpětí spoje, které může vést k jeho chvění a následnému únavovému lomu.**



Překročení meze pružnosti (kluzu)
=> natažení šroubu



Překročení meze pevnosti

Únavový lom šroubu:

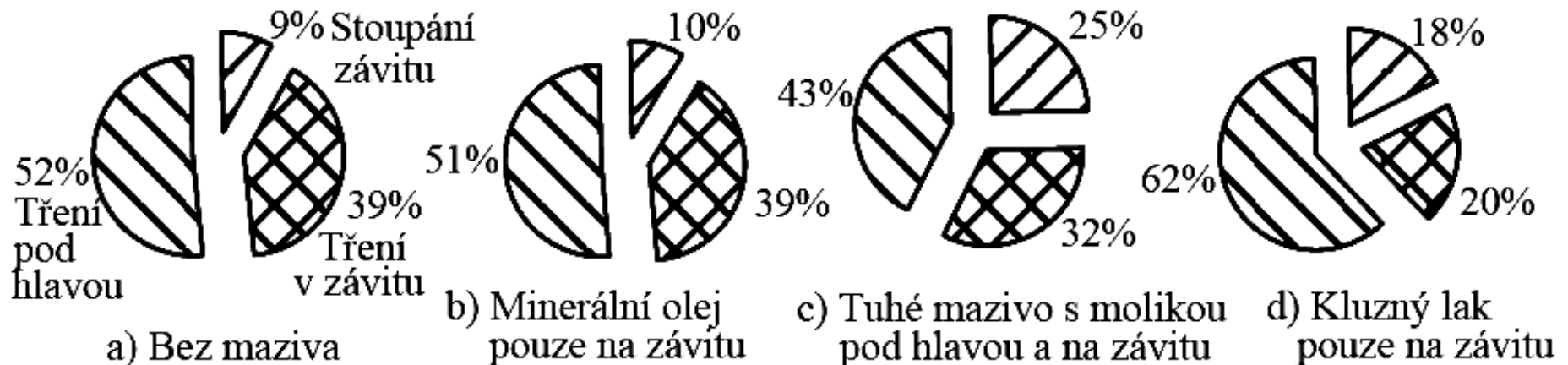


=> Požadované předpětí šroubu:

- **Lze ho dosáhnout:**
 - dotažením určitým krouticím momentem
 - pootočením o určitý úhel
 - dotažením určitým krouticím momentem a pootočením o určitý úhel
 - dotažením na určité protažení šroubu měřené např. číselníkovým úchylkoměrem
- **Ovlivňuje jej:**
 - tření v závitu a dosedací ploše (mazání, povrchová úprava, ..)

Mazání závitu:

- **Zásadní význam** (Většina utahovacího momentu je „absorbována“ třením v závitu a třením dosedacích ploch.)
- **Mazadla:**
 - čistý olej (není-li uvedeno jinak)
 - olejové suspenze
 - prášková maziva
 - zajišťovací lepidla a těsnicí (protikorozní) tmely



Otáčení maticí má přednost před otáčením šroubu.

- **Zamezení vzniku přídatného momentu od tření mezi dříkem šroubu a dírou.**
- **Omezení poškození povrchu (ochrany) dříku a díry.**

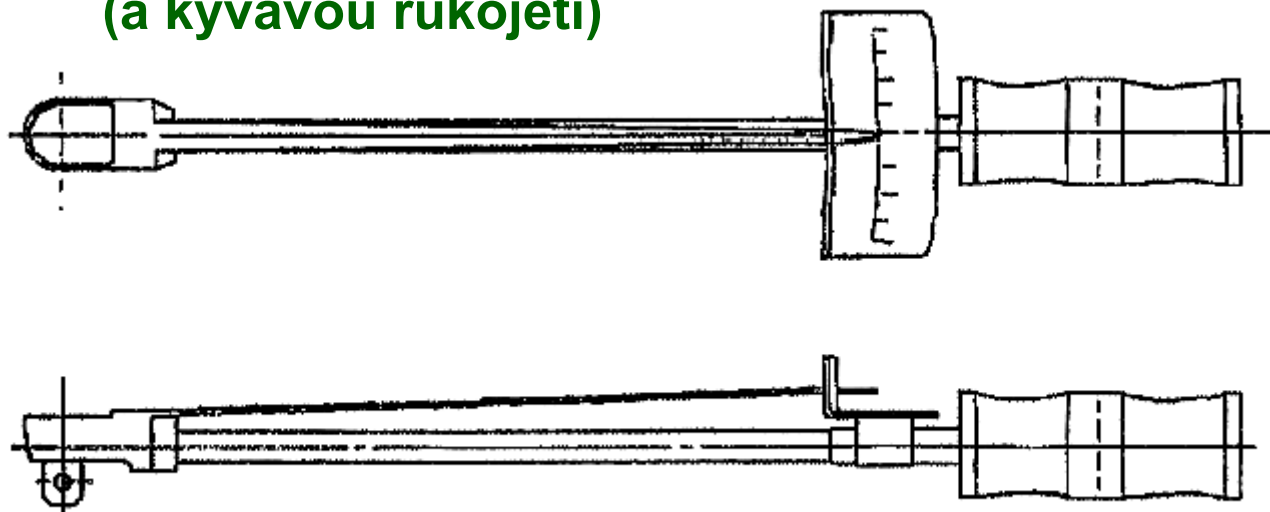
Zařízení na měření a dodržení předpětí spoje:

ČSN 73 1495

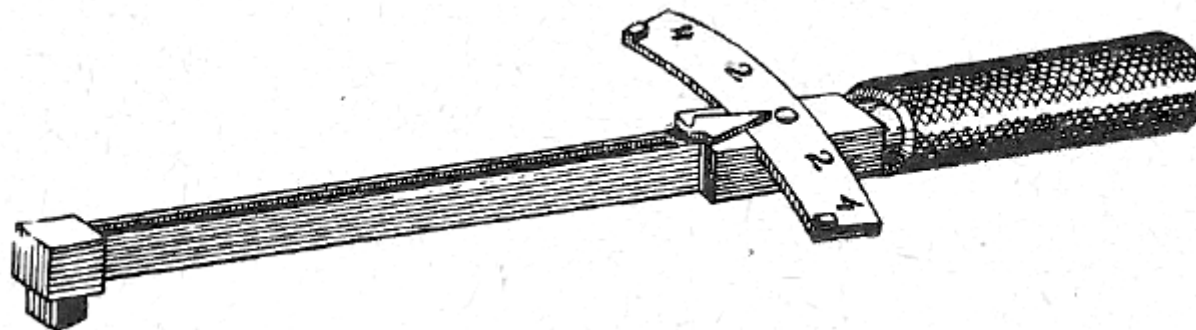
- **Momentové klíče a šroubováky:**
 - s jednoramennou pákou nebo dvouramenným vratidlem
 - s ohýbaným pružným členem nebo s krouceným pružným členem
 - s ukazatelem utahovacího momentu (s přímým čtením)
 - s indikací dosažení nastaveného utahovacího momentu (cvakací)
 - s omezením možnosti překročení utahovacího momentu (prokluzovací)
 - ostatní (s přestřižením drátu, hydraulické, ..)
- **Příslušenství:**
 - Nástavce momentových klíčů
 - Násobiče utahovacího momentu
- **Přípravky pro měření úhlu pootočení:**
- **Kontrola, nastavování a kalibrace momentových klíčů**
- **Motorické utahovačky**
- **Kontrola předpětí spoje měřením prodloužení šroubu**

Momentový klíč s ohýbaným ramenem:

(a kývavou rukojetí)

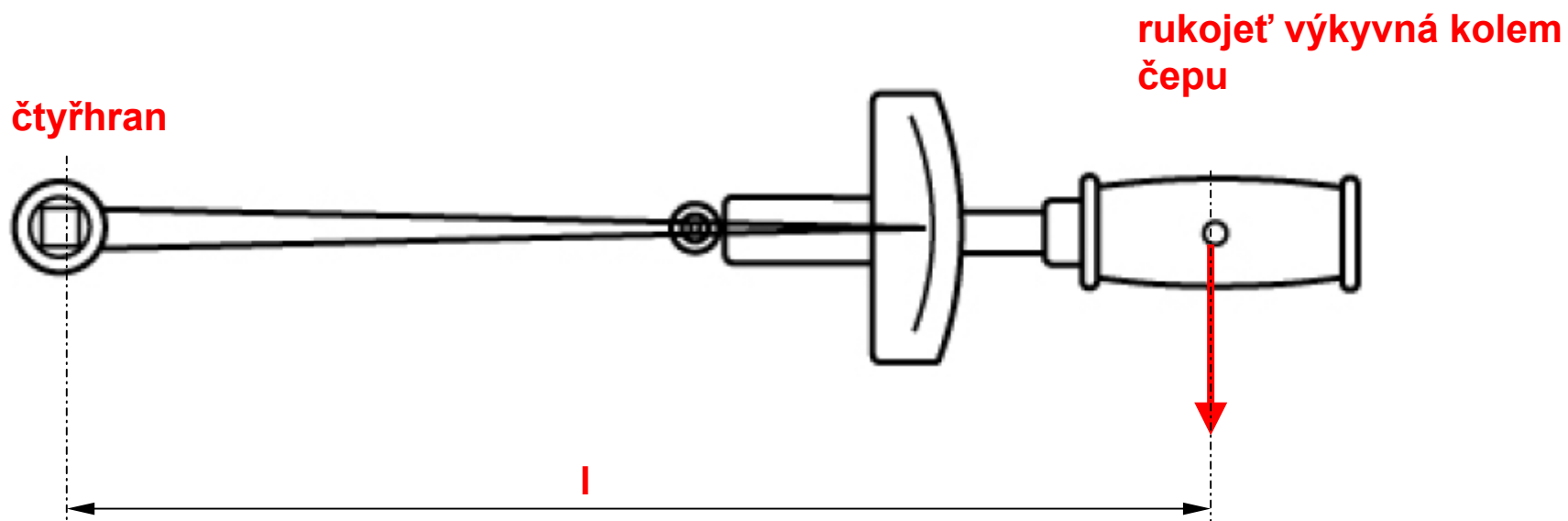


Momentový klíč s ohýbaným ramenem: (a pevnou rukojetí)

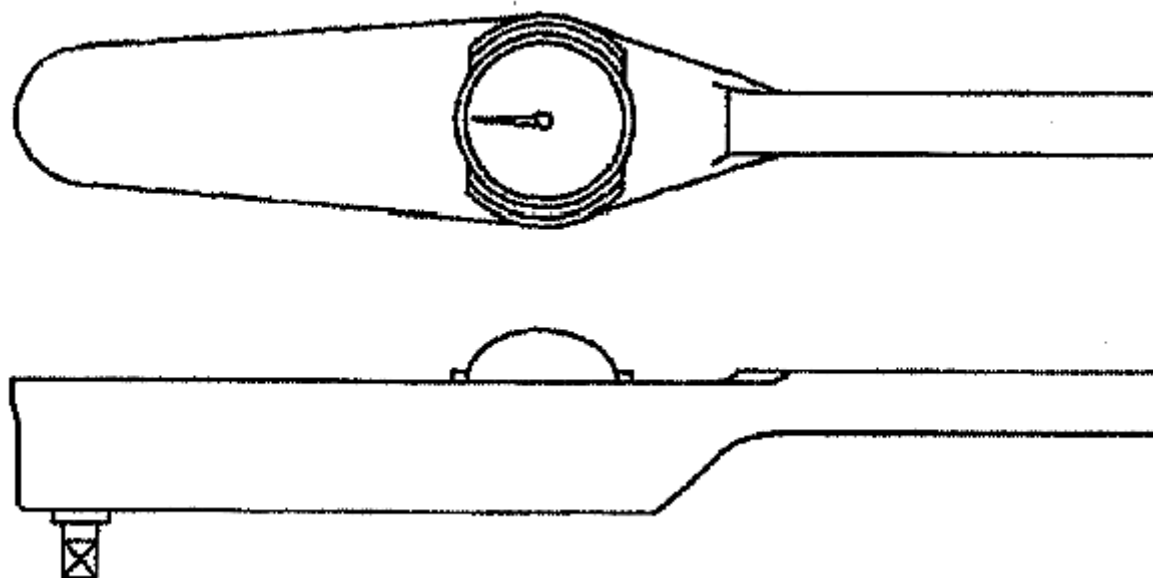


Moment klíče:

- Údaje na stupnicích momentových klíčů (bez nástavce) jsou násobkem délky páky a síly kolmé k rukojeti.
- Přílišná síla při udržování klíče na matici (šroubu) druhou rukou ovlivňuje přesnost údaje na stupnici => „s citem“.



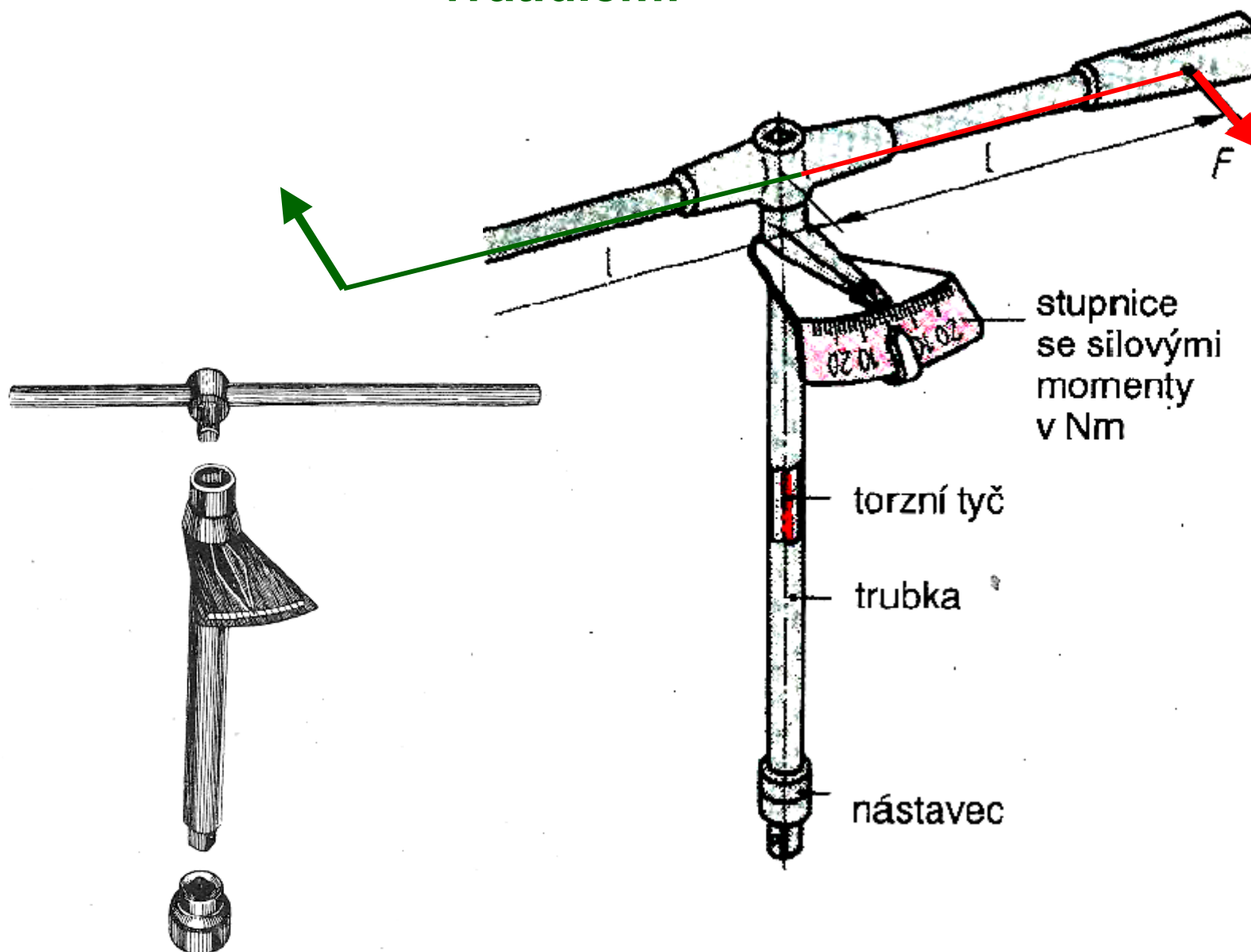
Momentový klíč s jedním ramenem, krouceným pružným členem a indikátorem:



- Méně citlivé na vlivy způsobu uchopení;
- „Pracovní“ délka vyznačena na rukojeti.



Momentový klíč s dvouramenným vratidlem:



Momentový klíč s dvouramenným vratidlem a číselníkovým ukazatelem zkroucení:



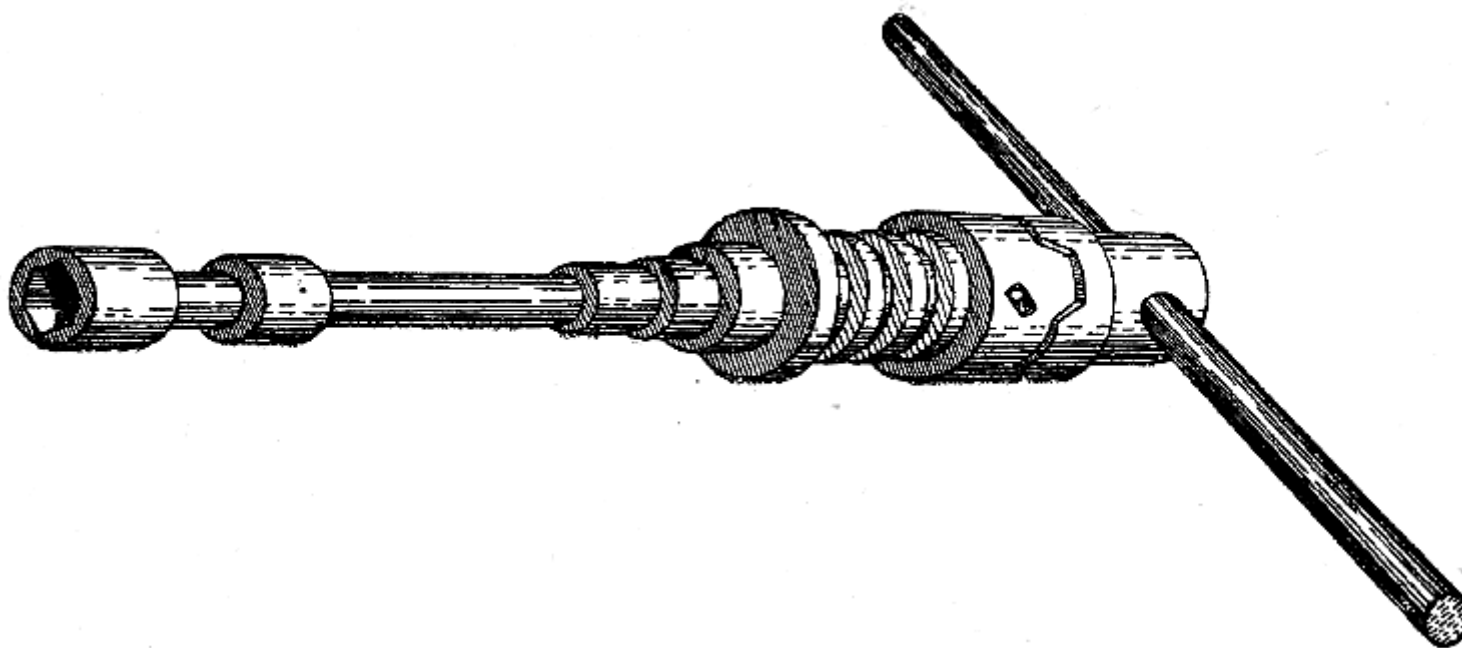
Momentový šroubovák se zkrucovaným pružným členem:



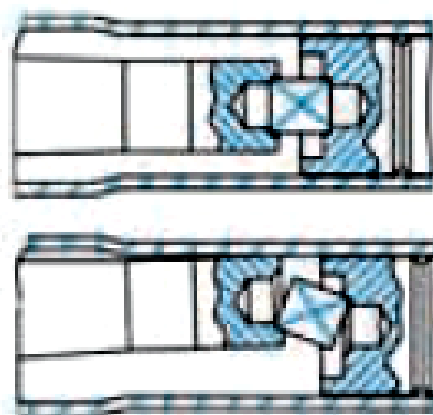
Momentové klíče s omezením možnosti překročení utahovacího momentu (prokluzovací) a s indikací dosažení nastaveného utahovacího momentu („cvakací“):

- **Především pro montáž méně kvalifikovanými pracovníky.**
 - S viditelnou nastavenou hodnotou
 - Bez stupnice.
- **V letectví jen při problémech s přístupností resp. viditelností. + nutnost kontrolovat přesnost nastavení ($\pm 5\%$), minimálně 1x denně.**
- **Pozn.: pokud se momentové klíče tohoto typu delší dobu nepoužívají, mají být před uložením nastaveny na nulový moment (uvolnění pružiny).**

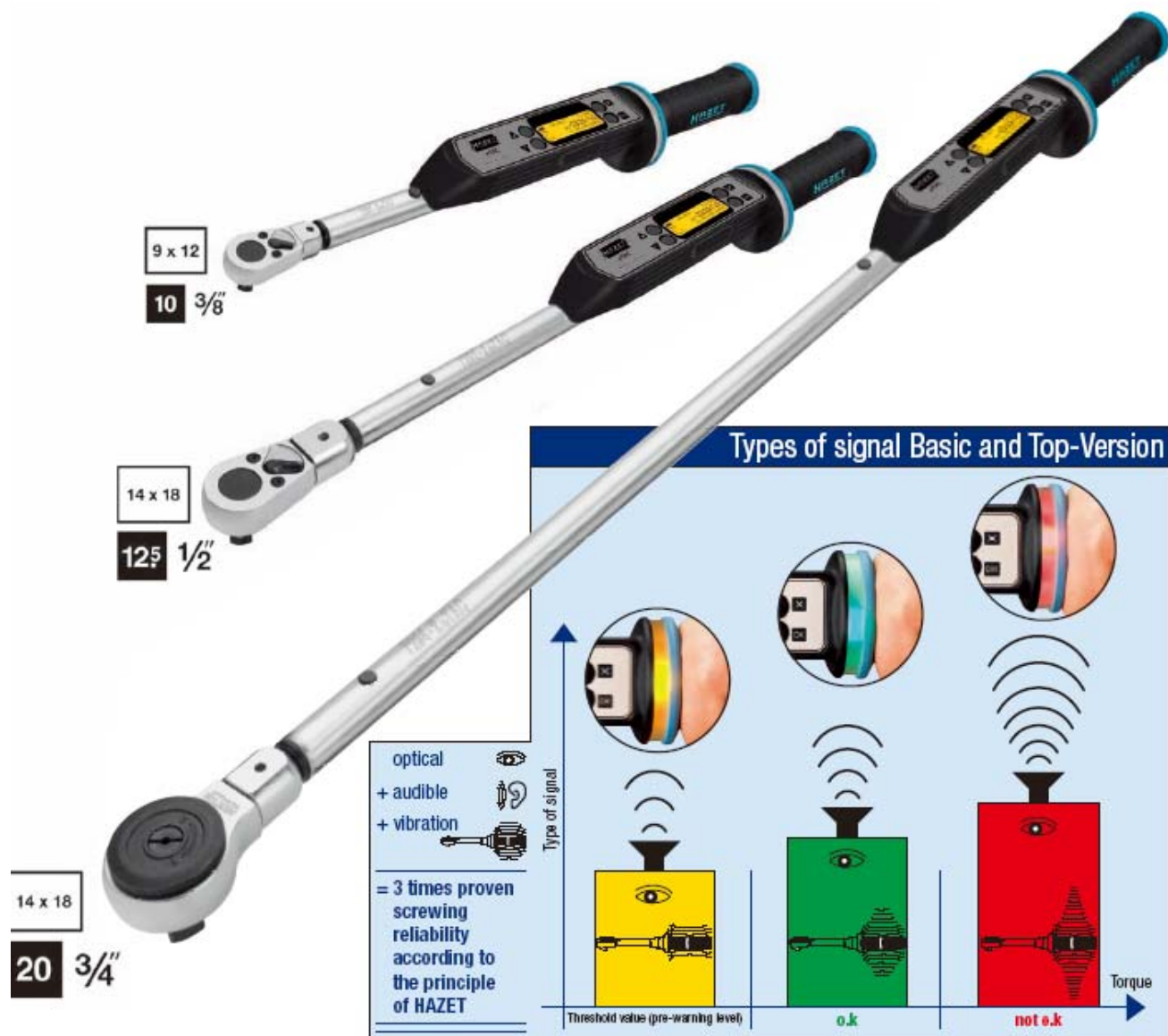
**Momentové klíče a šroubováky
s omezením možnosti překročení utahovacího momentu
(prokluzovací):**



Momentové klíče s indikací dosažení nastaveného utahovacího momentu („cvakací“):

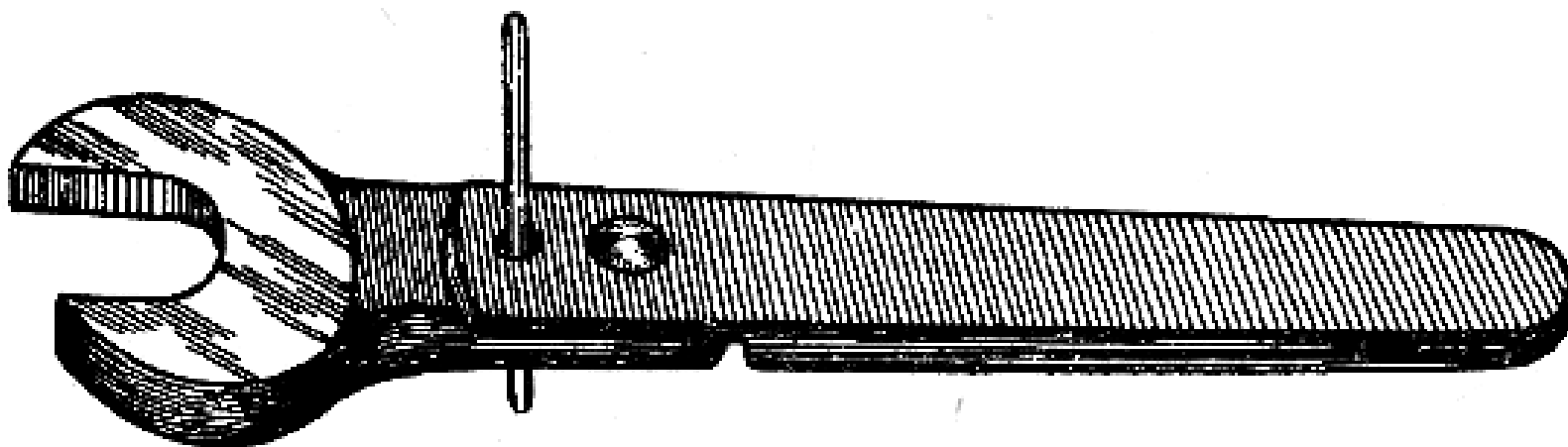


Elektronické momentové klíče se stupňovanou optickou, hmatovou i zvukovou signalizací:



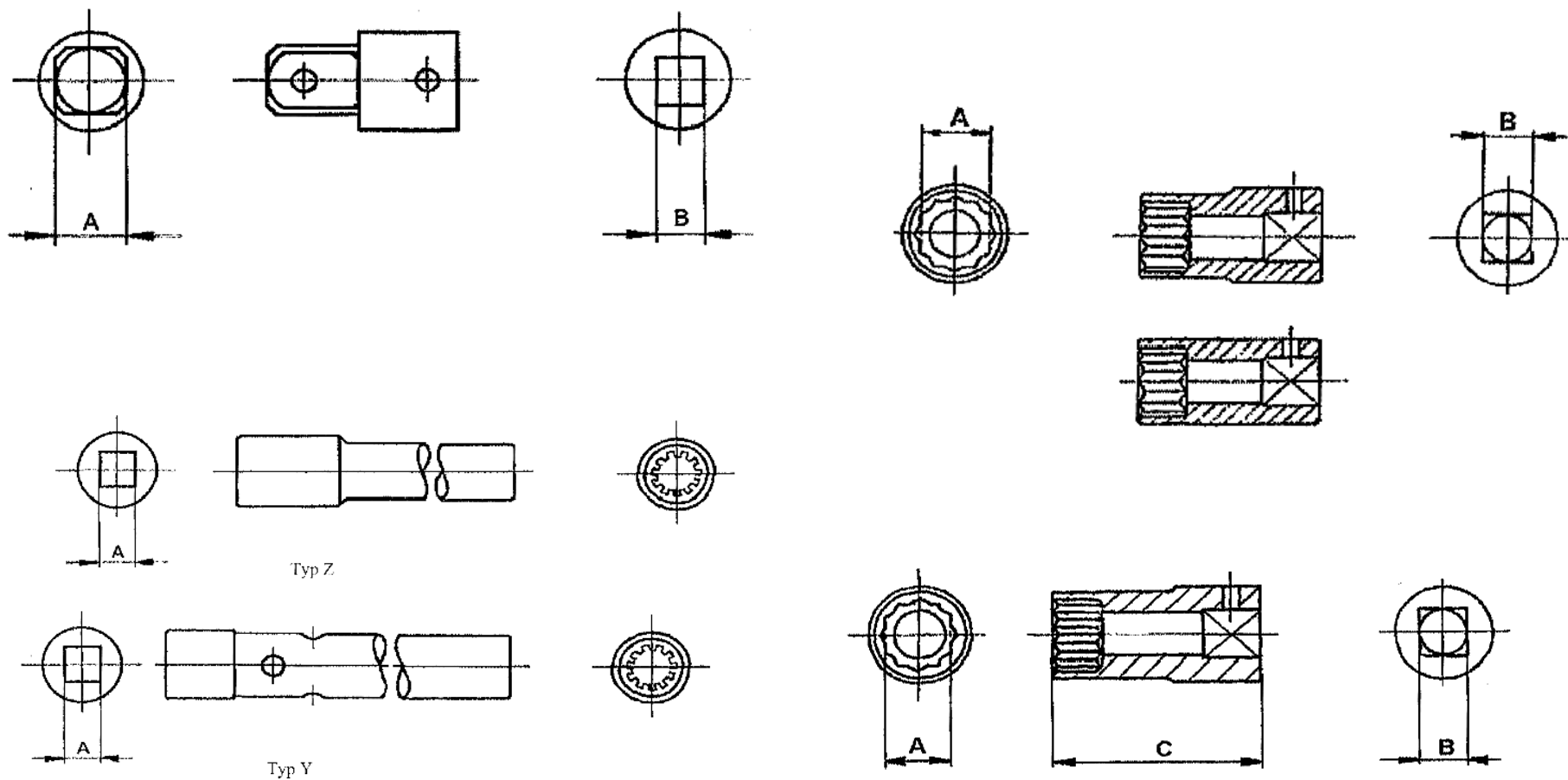
**Momentové šroubováky s indikací dosažení
nastaveného utahovacího momentu (cvakací):**

Klíč určující moment přestřižením kolíku (drátu):



Momentové klíče hydraulické:

Nástavce neměnicí délku ramene:

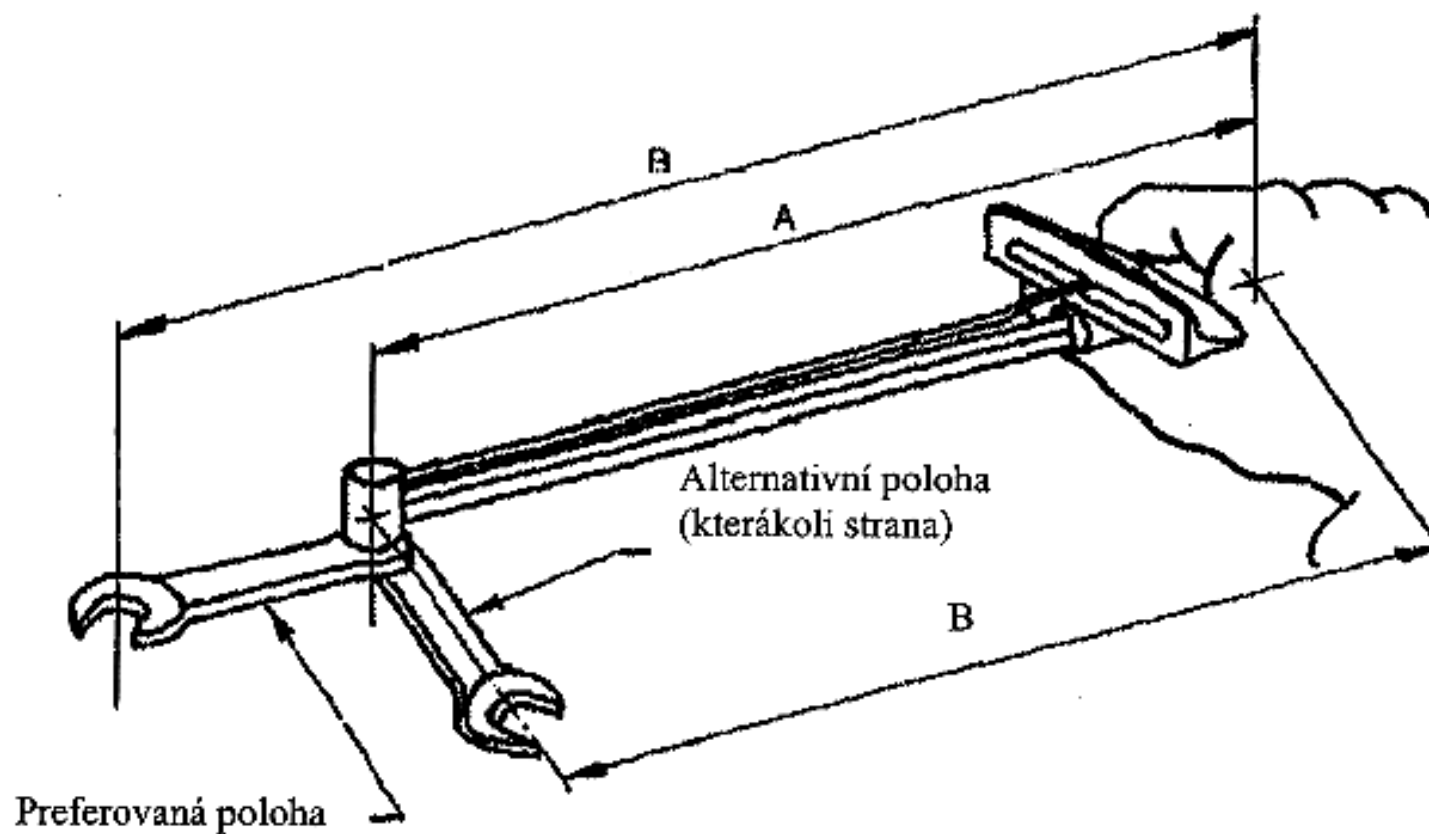


Nástavce na momentové klíče:

Pokud mění délku ramene nutno
upravit hodnotu (nastavení)
moment. klíče.



Délka ramene ohýbaného momentového klíče s nástavcem:



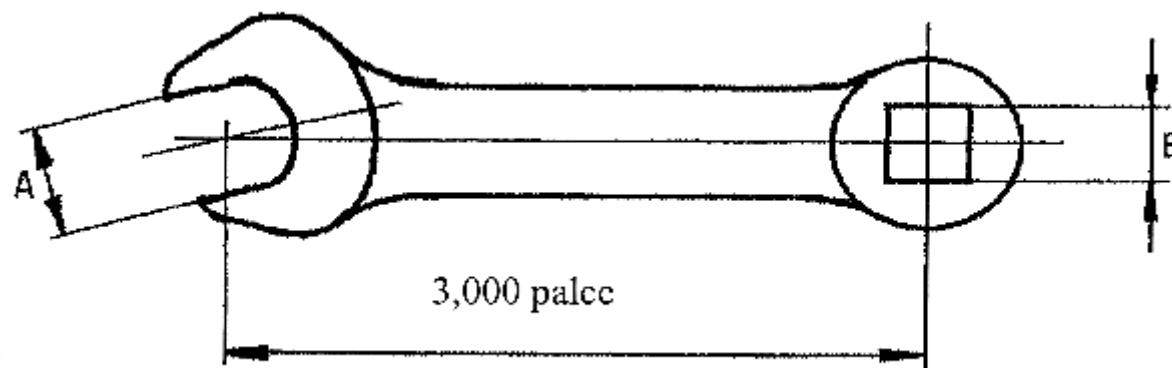
Údaj stupnice = požadovaný utahovací moment x délka páky (A) / celková délka páky (B)

Délka ramene dvouramenného momentového klíče s nástavcem:

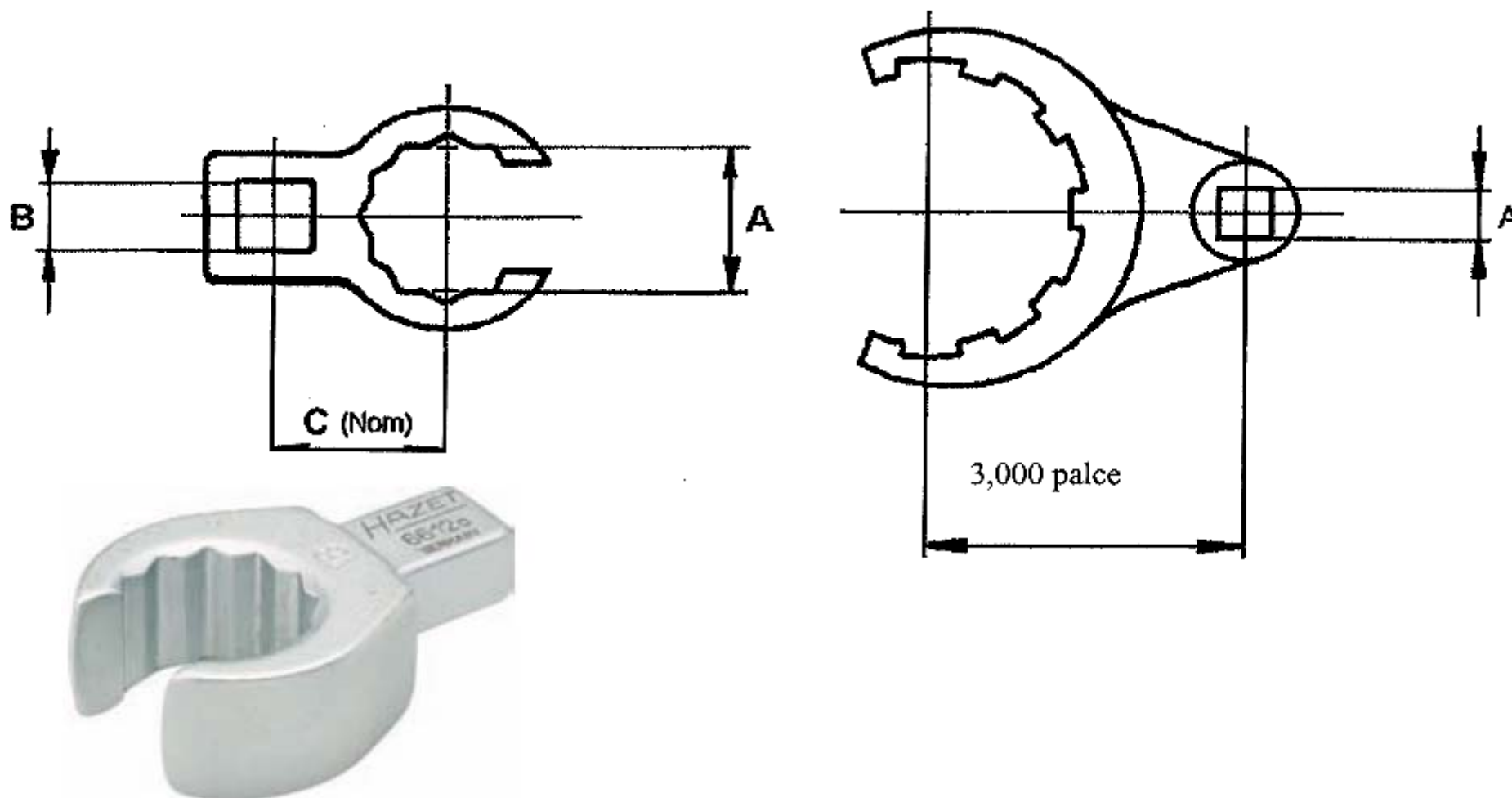
- **Menší vliv nástavců.**

Nástavce - Otevřené stranové klíče:

- Méně vhodné, není možno dobře udržet vzdálenost mezi středy.
- Jen nelze-li jinak, např. šroubení trubek, omezený přístup atp.



Nástavce polouzavřené (vhodnější):

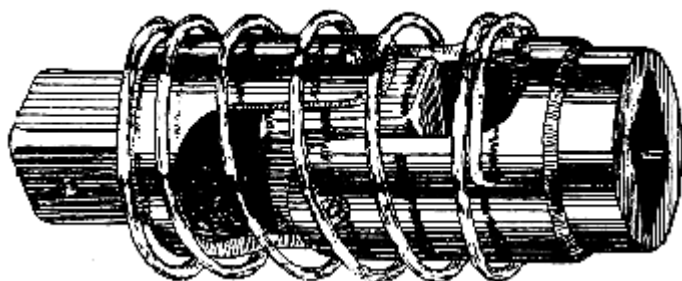


Nástavce uzavřené (nejvhodnější):

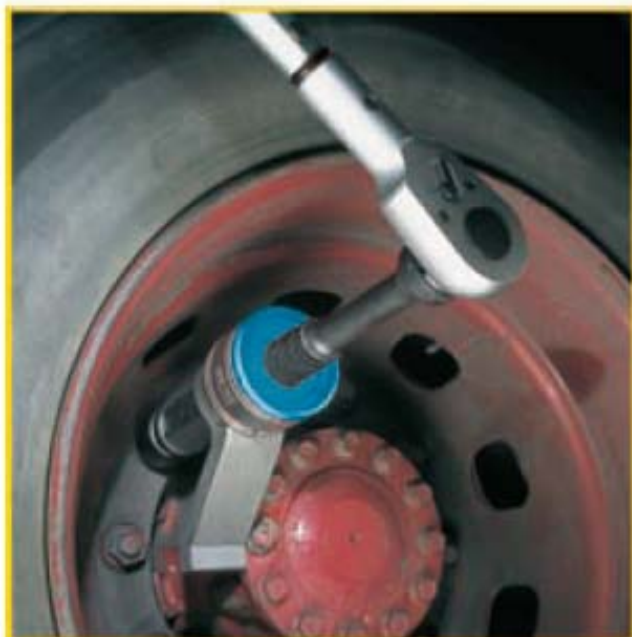


Křížové klouby:

- Běžné kloubové nástavce vnáší značnou nepřesnost a obecně se nemají používat.
- Výjimku mohou tvořit klouby z příslušenství nástroje.



Násobiče utahovacího momentu?

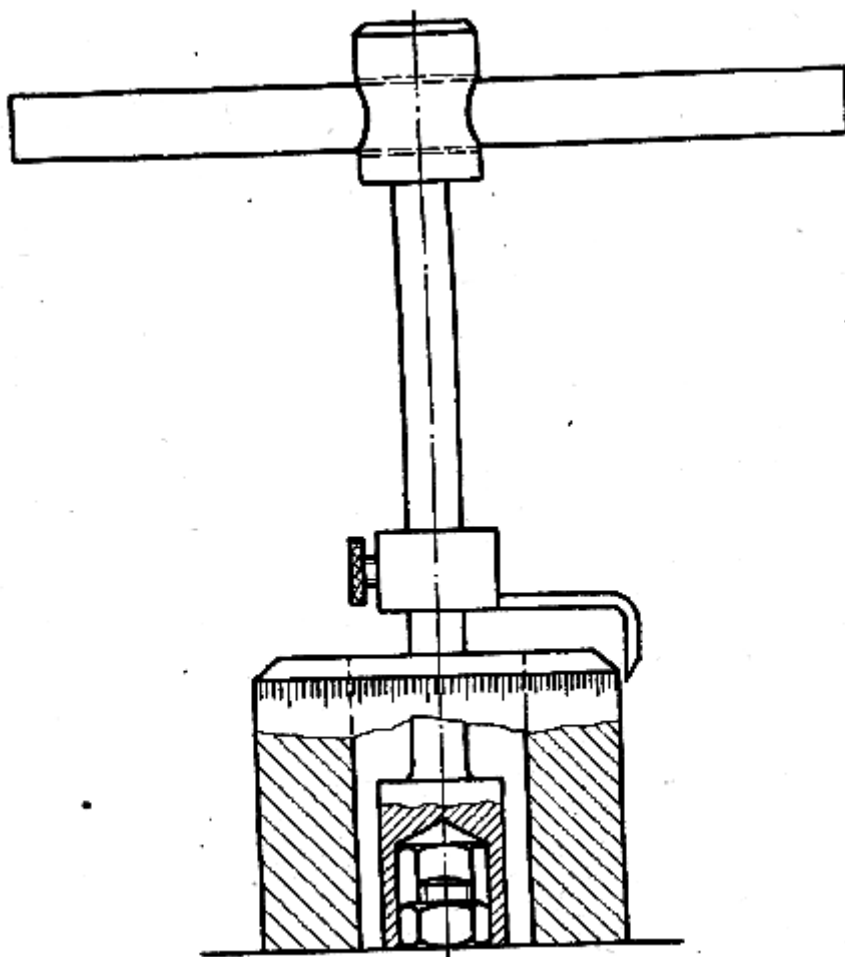


Motorické utahovačky:

- **S elektrickým pohonem**
 - 240 V
 - Aku
- **S pneumatickým pohonem**
- **Vzhledem k vývinu tepla vlivem větší rychlosti dotahování (další proměnná) nelze dosáhnout vyšší přesnosti => nastavit raději na 50% utahovacího momentu a konečné dotažení provádět ručním momentovým klíčem.**
- **Utahovačky se nemají používat s kloubovými nadstavci umožňujícími více jak 25°.**

Motorické utahovačky:

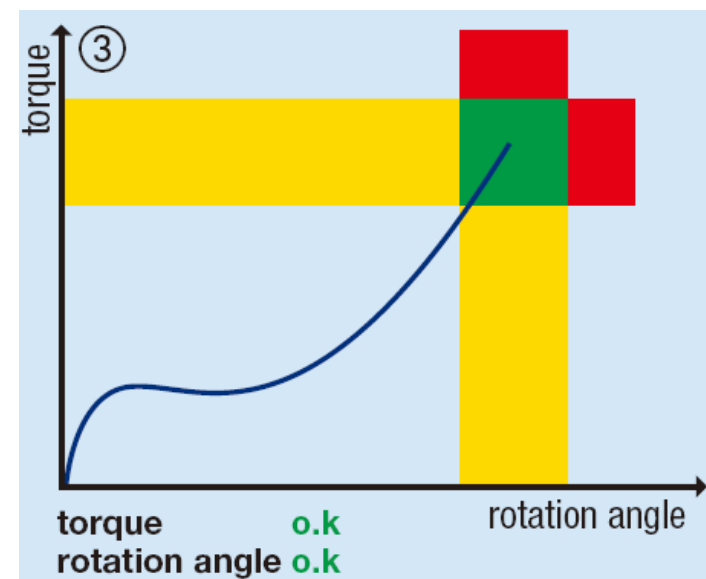
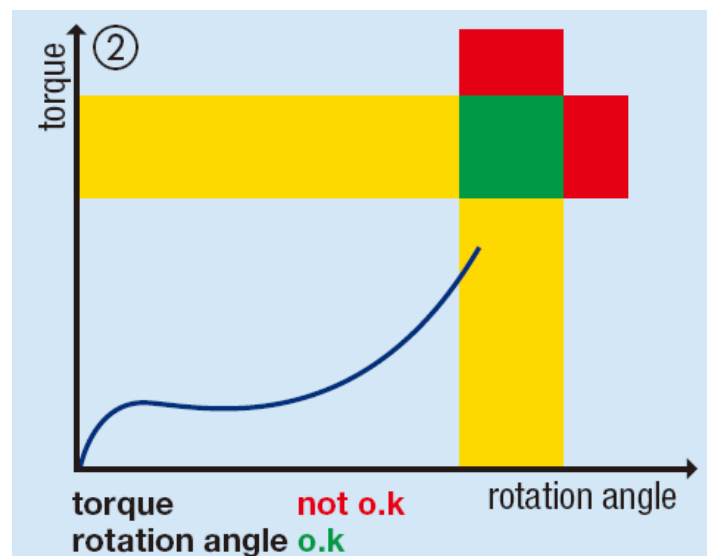
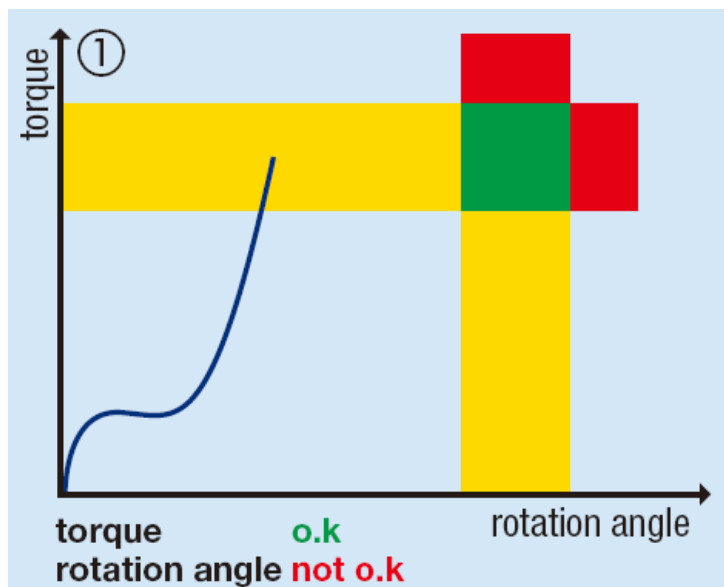
Dotažení o daný úhel:



Přípravky pro měření úhlu pootočení:

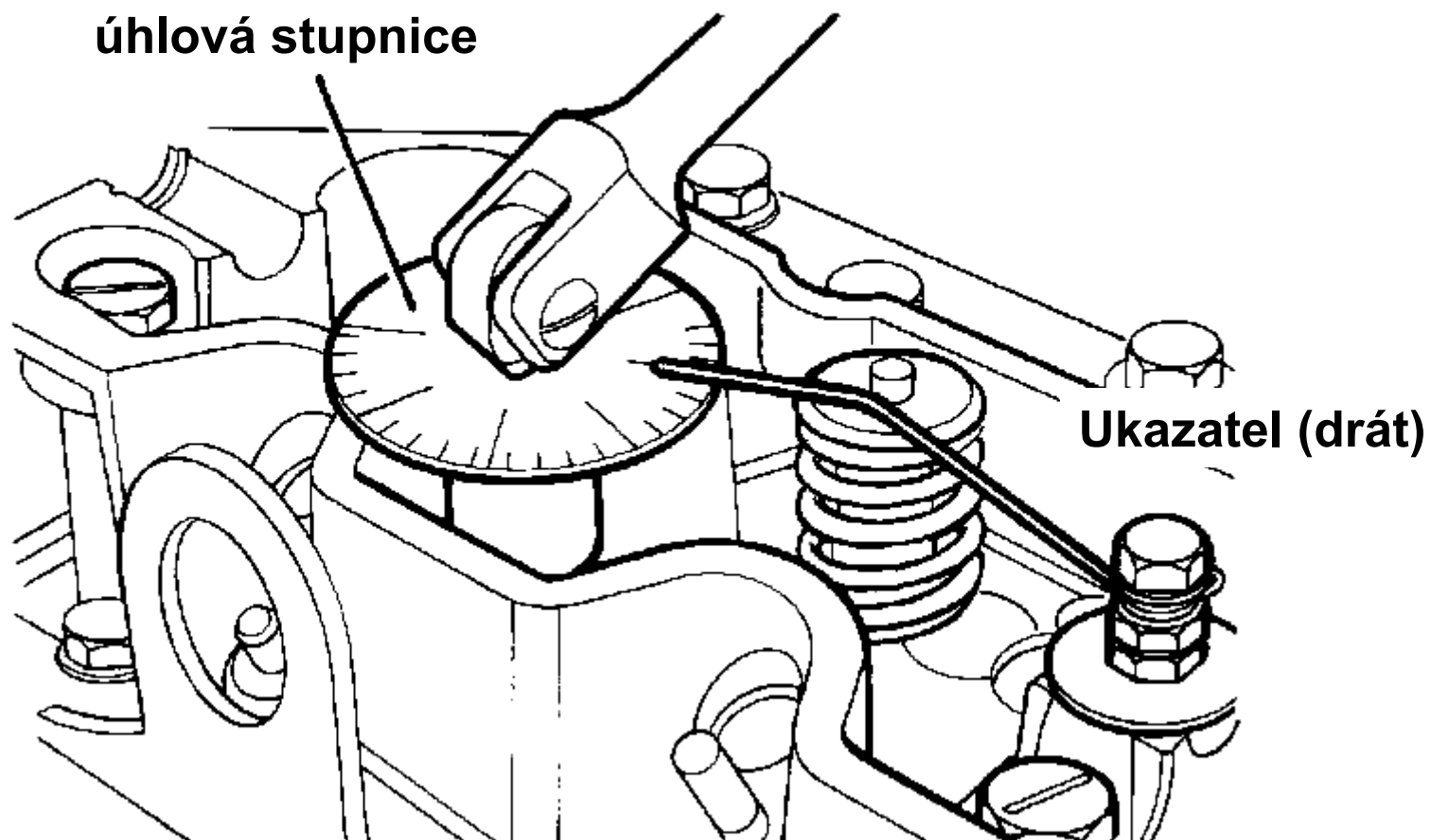


Dotahování „na moment a úhel“:

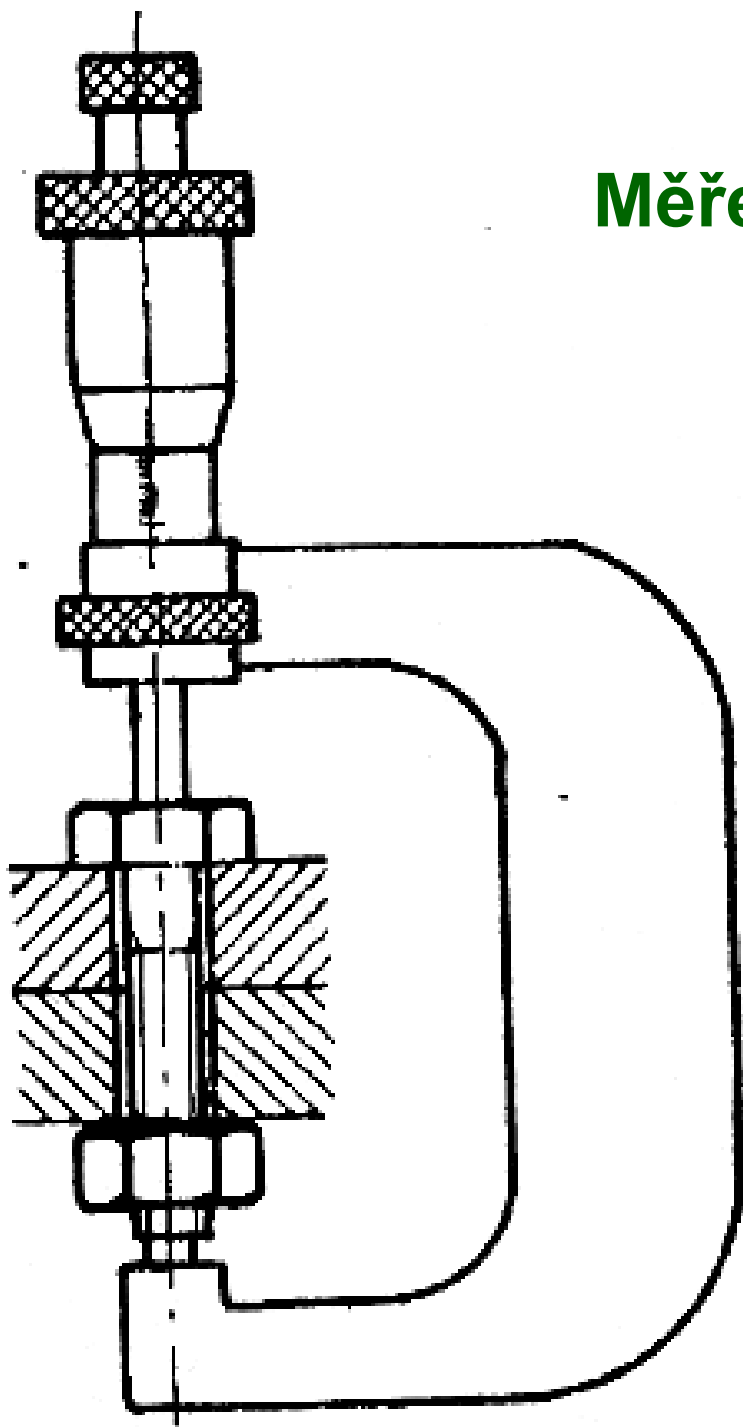


př.: Dotahování „na moment a úhel“:

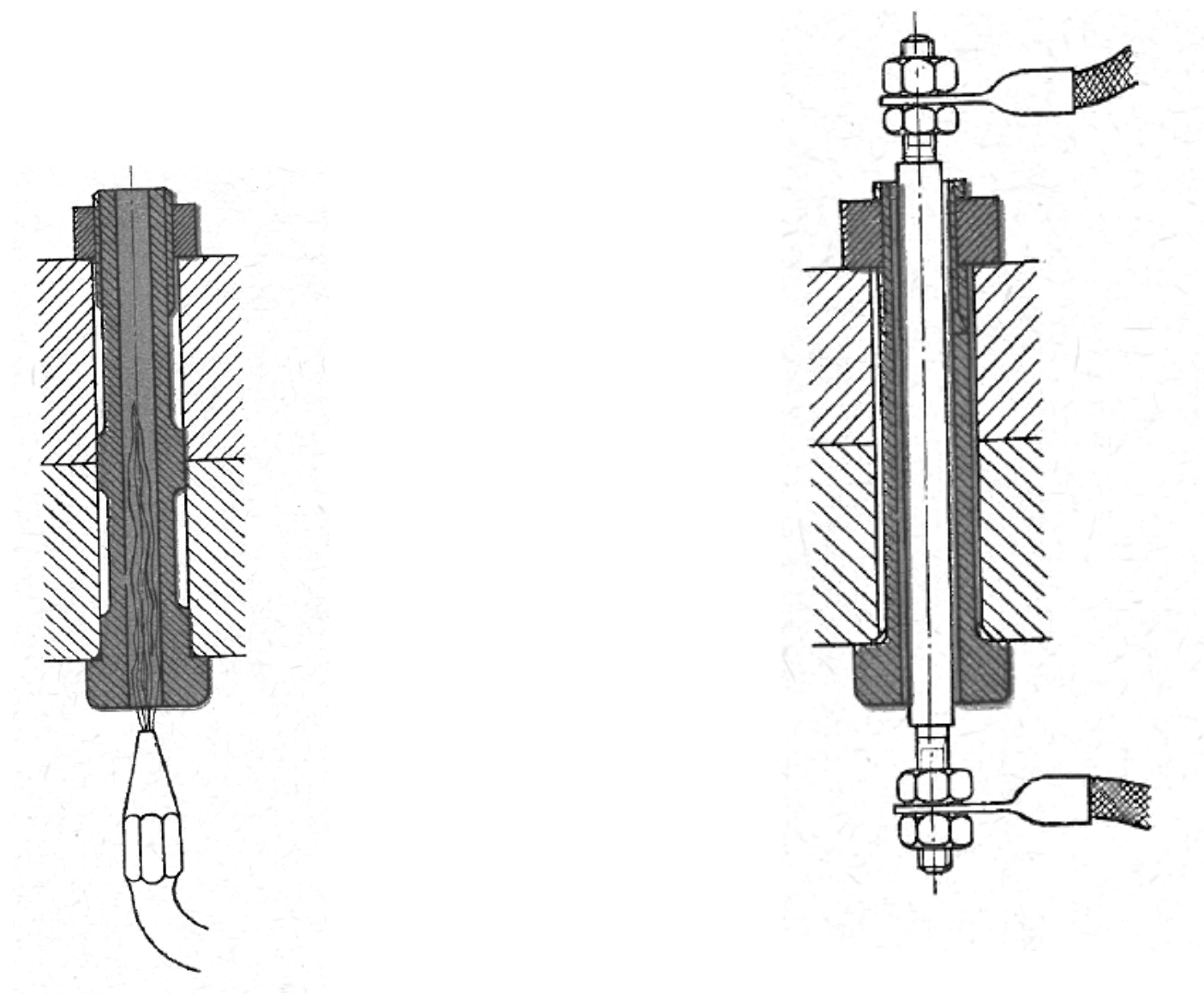
- TOYOTA Corolla 1.3 29/ 44 / +90°
- TOYOTA Corolla 1.6 29/ +90° / +90°
- TOYOTA Corolla Diesel 45/ +90° / +90°



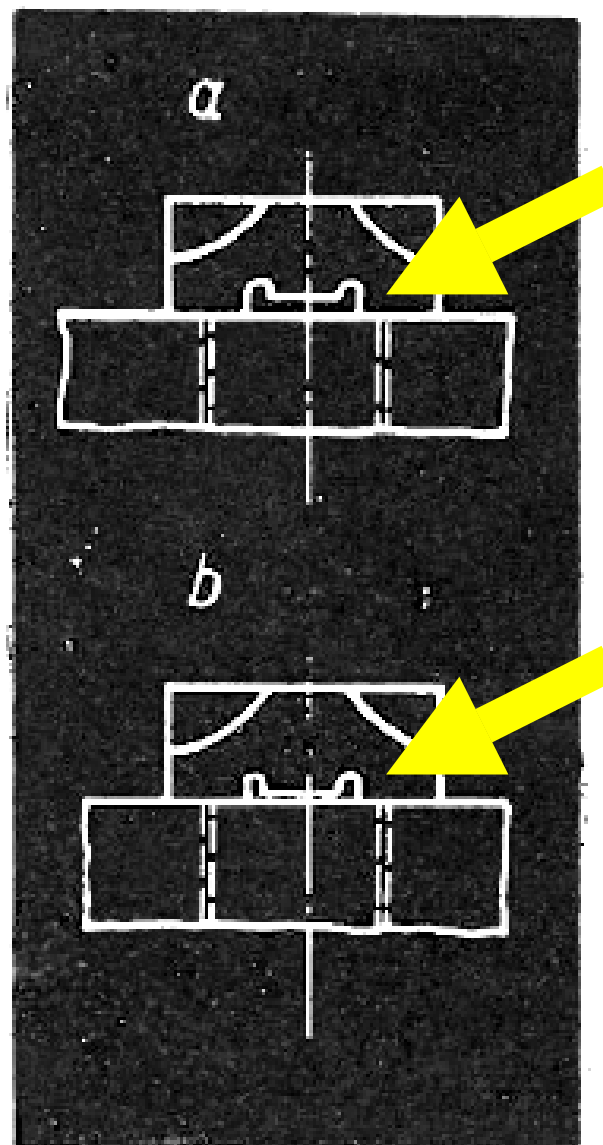
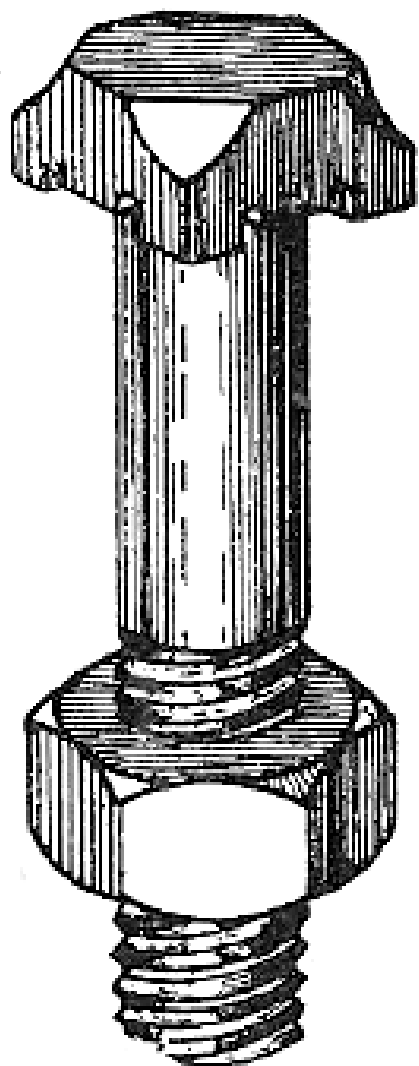
Měření prodloužení šroubu mikrometrem:



Dosažení předpětí zchlazením ohřátého šroubu:



Speciální šroub pro určení předpětí:



Kontrola spoje po jeho dotažení:

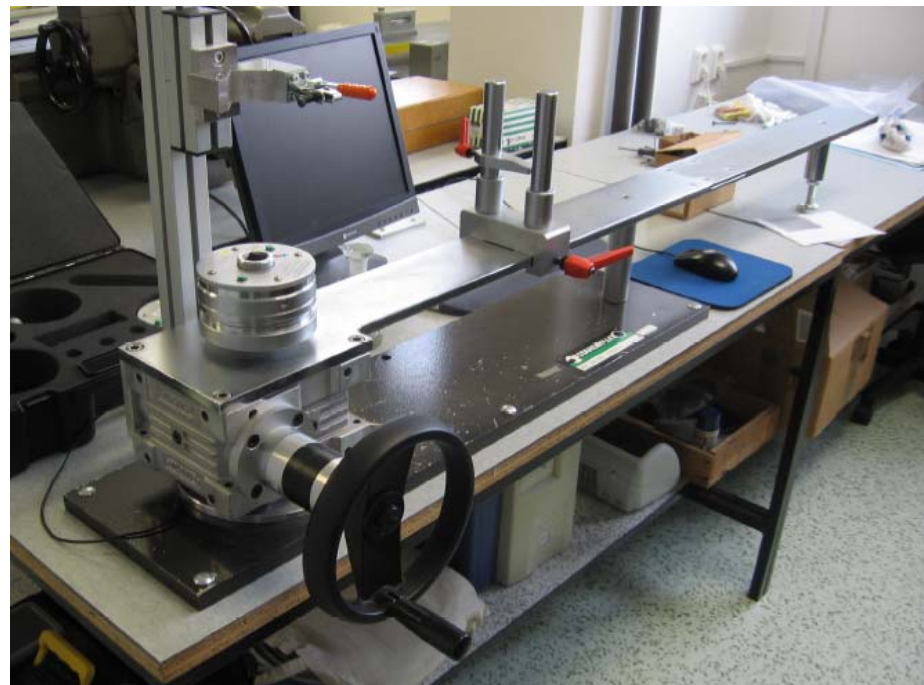
- **Měření tzv. povolovacího momentu.**
 - Ne všechny momentové klíče to umožňují.
 - Povolovací moment krátce po dotažení může být až o 30% nižší a po chodu zařízení až šestinásobkem utahovacího momentu.
- **Aplikace momentu ve směru dotahování a sledování jakýchkoli pohybů upevňovací součásti (spolehlivější metoda).**
- **Alternativní metoda povolení a dotažení**
 - Označení polohy
 - Povolení o polovinu otáčky
 - Měření momentu při dotahování na značku

Kontrola momentových klíčů:

- **Před použitím (při vydání ze skladu):**
 - Ručička na nule (přibližně rovnoběžná s délkou klíče)
 - Nepoškozené sklíčko
 - Neomačkaný čtyřhran
 - Nepoškozené plomby
 - Čitelné (a platné) kalibrační štítky
 - ..

Nastavování a kalibrace momentových klíčů:

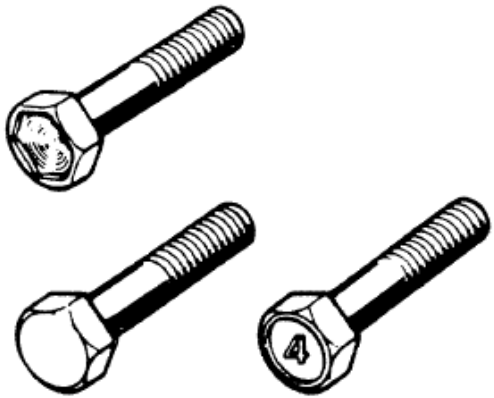
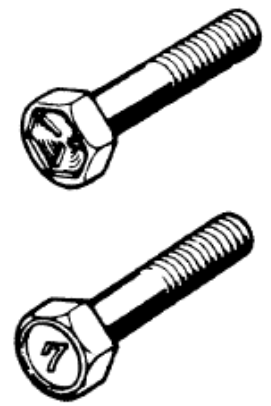
- **Nastavování**
 - Požadovaná přesnost zpravidla $\pm 5\%$
 - Zkušební zařízení relativně přesná s rychlou jednoduchou obsluhou.
- **Kalibrace**
 - V pravidelných intervalech (dle používání) + vedení záznamů.
 - Zkušební zařízení nejlépe co nejpřesnější a nejbližší principu (žádná elektronika)



Kontrola motorických utahovaček:

- **Nástroj musí být schopen udržet krouticí moment i při kolísajícím tlaku vzduchu 480 - 690 kPa (70 – 100 psi)**
- **Požadovaná přesnost zpravidla $\pm 10\%$**
- **Utahovačky mají být označeny štítkem s nápisem „Nastaveno na ... N.m“**

Utahovací momenty - příklad:

STRENGTH THREAD DIAMETER (mm)	 Conventional bolt "4T" bolt			 "7T" bolt		
	N·m	kg·m	lb·ft	N·m	kg·m	lb·ft
4	1 – 2	0.1 – 0.2	0.7 – 1.0	1.5 – 3.0	0.15 – 0.30	1.5 – 2.0
5	2 – 4	0.2 – 0.4	1.5 – 3.0	3 – 6	0.3 – 0.6	2.5 – 4.0
6	4 – 7	0.4 – 0.7	3.0 – 5.0	8 – 12	0.8 – 1.2	6.0 – 8.5
8	10 – 16	1.0 – 1.6	7.5 – 11.5	18 – 28	1.8 – 2.8	13.5 – 20.0
10	22 – 35	2.2 – 3.5	16.0 – 25.0	40 – 60	4.0 – 6.0	29.0 – 43.0
12	35 – 55	3.5 – 5.5	25.5 – 39.5	70 – 100	7.0 – 10.0	51.0 – 72.0
14	50 – 80	5.0 – 8.0	36.5 – 57.5	110 – 160	11.0 – 16.0	80.0 – 115.5
16	80 – 130	8.0 – 13.0	58.0 – 94.0	170 – 250	17.0 – 25.0	123.0 – 180.5
18	130 – 190	13.0 – 19.0	94.5 – 137.0	200 – 280	20.0 – 28.0	145.0 – 202.5

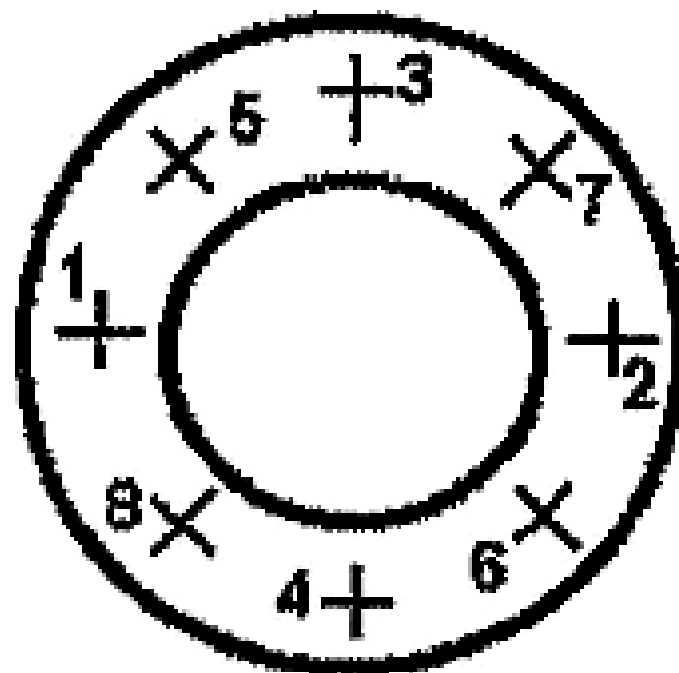
**Vždy volit vhodný rozsah momentového
klíče:**

Pořadí utahování šroubů:

- **Cílem je:**
 - rovnoměrný tlak v dosedací ploše => těsnost
 - zamezit pnutí (křížení) konstrukce
- **=> Dotahování v „symetrickém vzoru“**

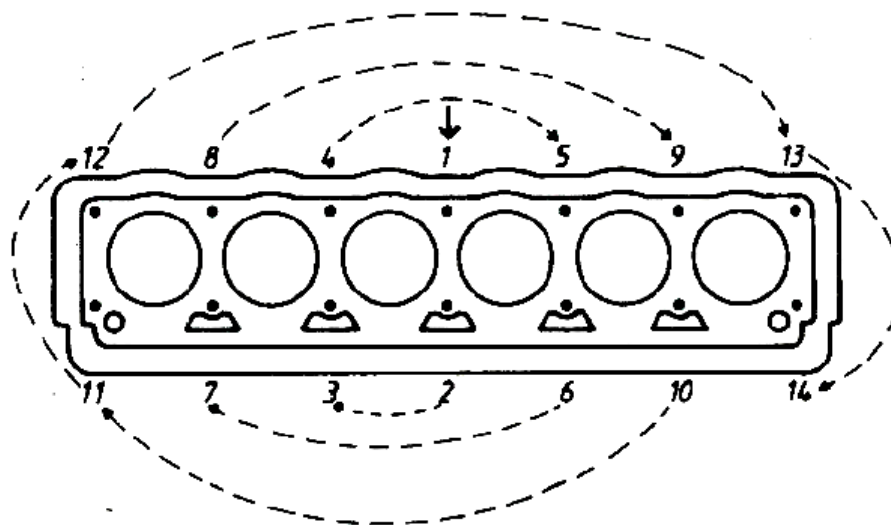
Dotahování přírubových součástí:

- Na přírubách nedotahovat sousední šrouby, ale lehce přitáhnout šrouby které jsou umístěny přibližně proti sobě.
- Pak utahovat další pár, který je přibližně kolmo k prvnímu.
- Po dosednutí ploch dotáhnout na předepsaný moment v podobném pořadí.

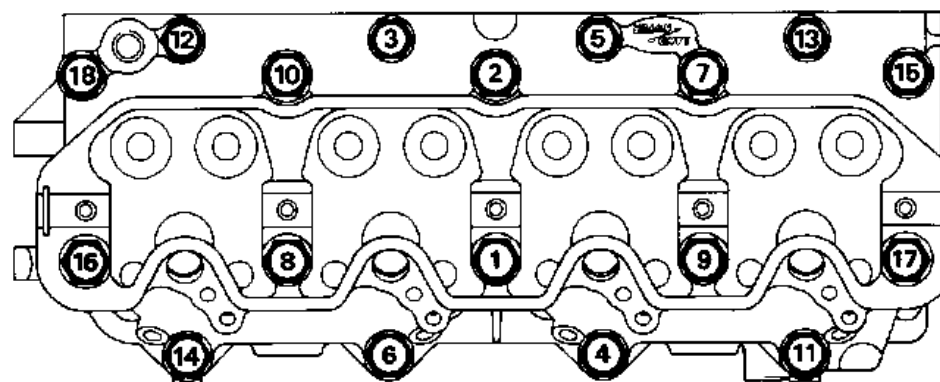


Dotahování skříňových součástí:

- Dtto jako příruby, avšak dotahovat nejprve pozice ve středu části a postupovat ke krajům



13	9	5	1	3	7	11
+	+	+	+	+	+	+
14	10	6	2	4	8	12
+	+	+	+	+	+	+



Utahování přírub svíce než 50 šrouby:

- Standardní utahování není praktické, připouští se utahování ve skupinách po 4.
- Lehce utáhnout 4 sousední prvky (šrouby) a poté 4 sousední prvky které jsou přibližně proti nim.
- Lehce utáhnout další skupinu kolmo k první sadě a skupinu proti ní.
- Pokračovat v polovině úhlu.
- Atd.
- **+ konečná kontrola ve směru pohybu hodinových ručiček zda utažení žádného šroubu nebylo vynecháno.**

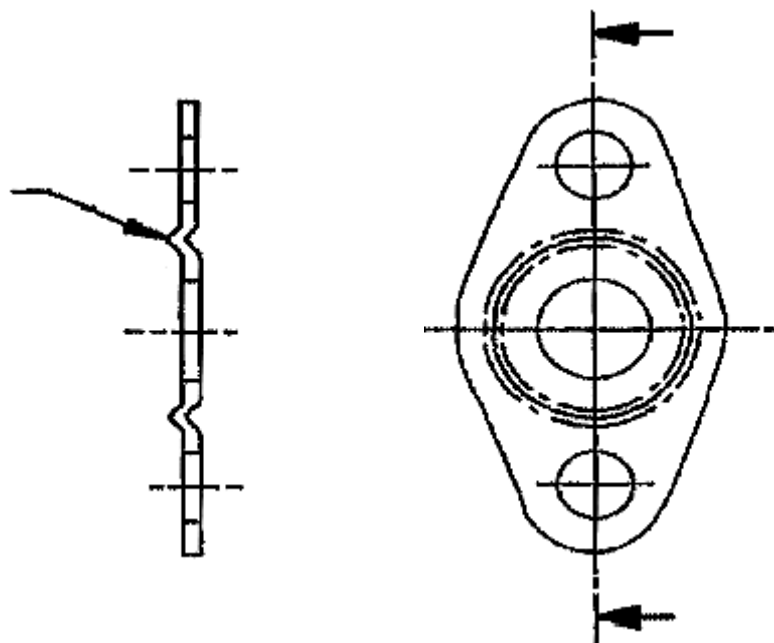
Pomocné šrouby?

- **Pokud možno se jejich použití vyvarovat.**
- **Jasně označeny jako pomocné (raději jinak než nátěrem)**

Dotahování ploch těsněných tmelem:

- **Spoje nutno dotahovat (kontrolovat) dokud dochází k jejich uvolňování (tečení tmelu).**

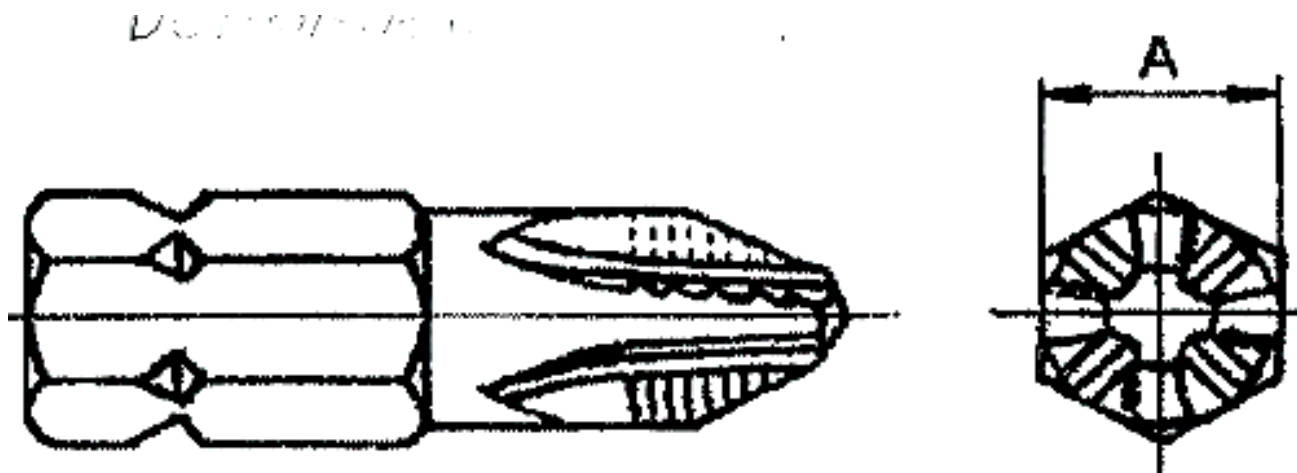
Utahování kovových těsnění:



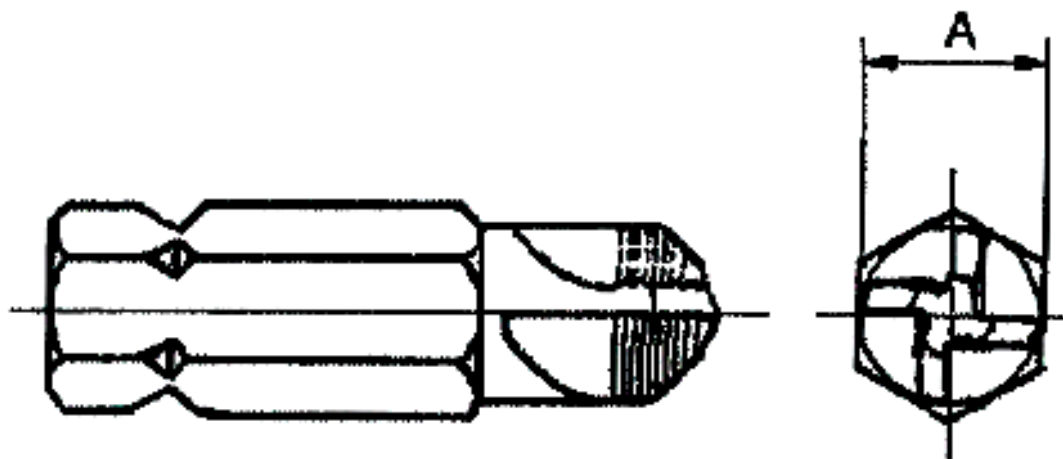
Utahování šroubovákem (Torx set, Philips atp.)

- **Použít správný nástavec (tzv.bit) !!!**
- **Šrouby s poškozenou drážkou ihned vyměnit, po chodu zařízení je to obtížnější.**

Zvláštní povolovací šroubovák ACR – Anti Camount Ribs (Philips atp.)



Zvláštní povolovací šroubovák (Torq set)



„Interaktivní prvky“:

- **Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;**
- **V průběhu výkladu si pečlivě poznamenávejte klíčové informace;**
- **Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);**
- **Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor správně formulujte argumenty;**

Použitá literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- Prospekty a dokumentace výrobců (prodejců) zařízení na dotahování šroubů.
- FRISCHHERZ A., SKOP P., KNOUREK J. *Technologie zpracování kovů*. Praha: Wahlberg, 1993. ISBN 80-901657-2-9.
- Němec K., *Spojování součástí šrouby*, KTZ 1965
- *Technická specifikace fy Rolls Royce JES 25*. London 2000
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978