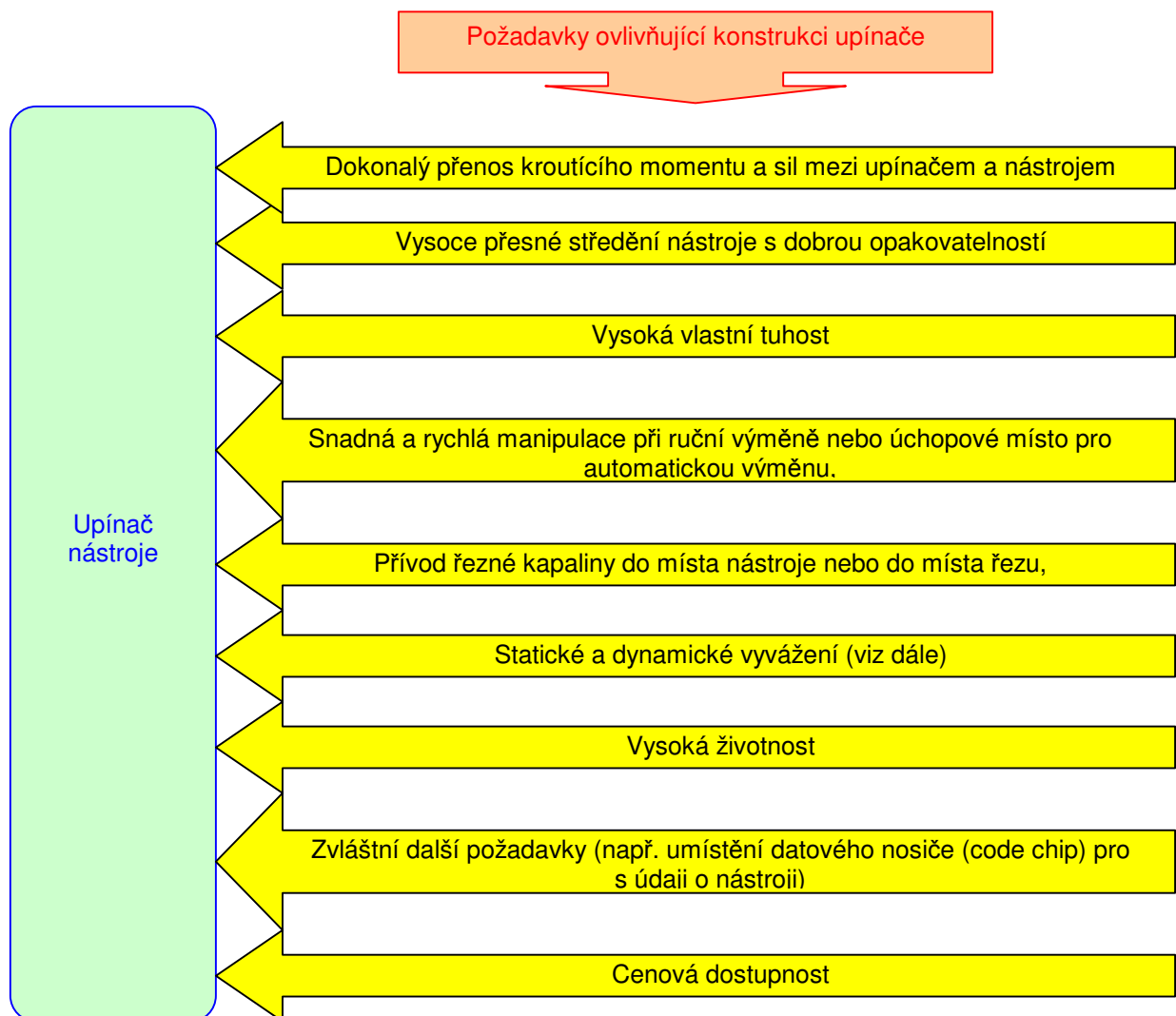


Upínače rotačních nástrojů

Pouze ve velmi málo případech je nástroj upínán bezprostředně do dutiny obráběcího stroje. Takové řešení je sice velmi jednoduché, ale nástroj je nutné vybavit rozměrnou a drahou kuželovou upínací stopkou. Trendem je nástroj vybavit levnou válcovou stopkou a pro upnutí nástrojů použít další prvek tvořící přechod mezi dutinou stroje a upínací částí nástroje.

Vzhledem k používání stále výkonnějších nástrojů, zvyšujícím se otáčkám pracovních vřeten strojů a stále rostoucím požadavkům na kvalitu obrobeného povrch jsou na upínače kladeny stále stoupající nároky:



Malá odbočka:

Celou problematiku ještě komplikuje velký počet používaných ukončení vřeten obráběcích strojů. Dříve běžné dutiny se samosvorným kuželem Morse se nyní používají pouze u malých strojů (například vrtaček). Nahrazeny byly strmými nesamosvornými kužely ISO (kužel 7:24), které umožňují snadnou a automatickou výměnu. Nejběžnější jsou velikosti ISO 40 a ISO 50, vyráběné ale v několika různých provedeních (pro ruční nebo automatickou

výměnu, s přívodem řezné kapaliny osou nástroje nebo čelním nákrůžkem, případně bez přívodu.

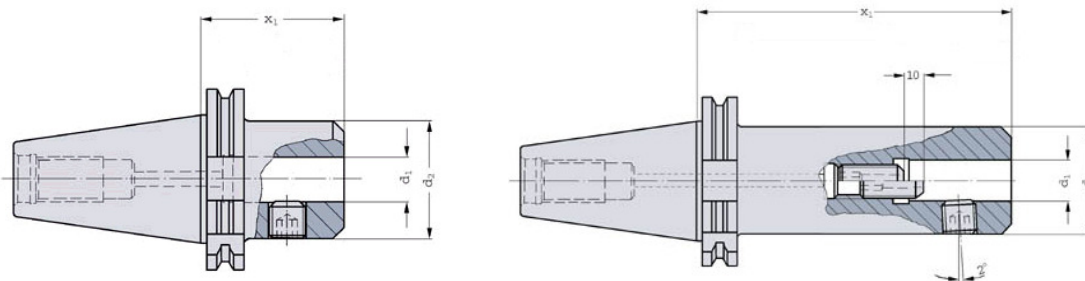
Vývoj dále pokračuje a stále častěji se pracovní vřetena strojů ukončují krátkým dutým kuželem HSK (kužel 1:10) opět v několika velikostech a provedeních. Výhodou kužele HSK oproti strmému kuželu ISO je především snížení hmotnosti a rozměrů důležité pro manipulátory a zásobníky nástrojů. Vynikající je opakovatelnost upnutí v axiálním směru daná dosednutím na čelní plochu při vtažení upínače do dutiny.

Uvedený výčet ukončení vřeten není úplný, velcí výrobci obráběcích strojů z různých důvodů zavádějí další způsoby upínání (například systém polygonálního kužele CAPTO), budoucnost ukáže, které řešení se nejvíce rozšíří.

Základní typy upínačů

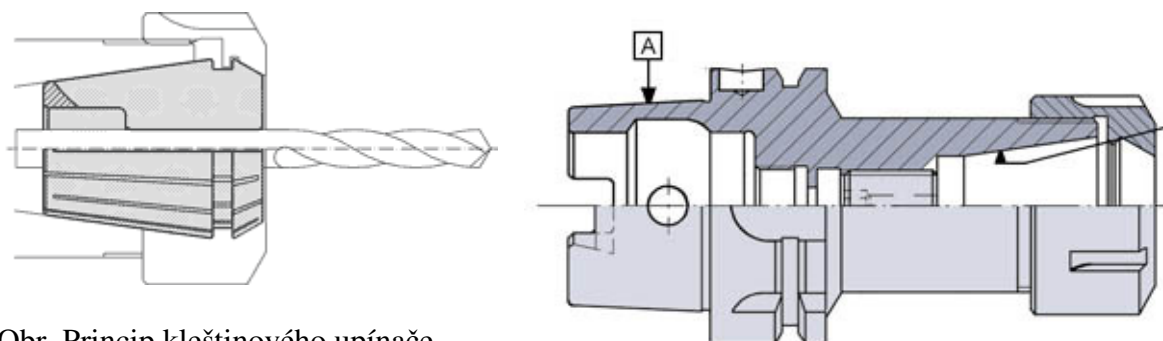
Upínače nástrojů je možno rozdělit podle principu upnutí. Všechny uvedené typy se vyrábějí různých délkových provedeních, pro všechny používané kužele vřeten a pochopitelně v různé kvalitě a ceně. Výběr vhodného typu je tedy značně komplikovaný.

Upínače Weldon. a Whistle Notch Jedná se nejjednodušší a tedy cenově nejdostupnější upínače. Slouží k upnutí nástrojů s válcovou stopkou opatřenou odpovídající boční plochou. Upínače Weldon používají k upnutí jeden nebo dva šrouby kolmé k ose nástroje, upínače Whistle Notch jeden nebo dva šrouby skloněné o 2 st. Aby byla potlačena excentricita vlivem jednostranného působení upínací síly, je vnitřní průměr upínače broušen s přesností H4 a současně se vyžaduje používání nástrojů s přesnou stopkou h6. Upínače se vyrábějí pouze ve vybrané průměrové řadě (6,8,10,12,16,20,32,40 mm), upnutí mezirozměru není možné. Při nákupu nástrojů je třeba mít toto omezení na zřeteli. (Nástroje, kde má stopka jiný průměr než činná část jsou výrobně složitější a tedy výrazně dražší.)



Obr. Upínače Weldon a Whistle Notch se stopkou ISO pro automatickou výměnu.

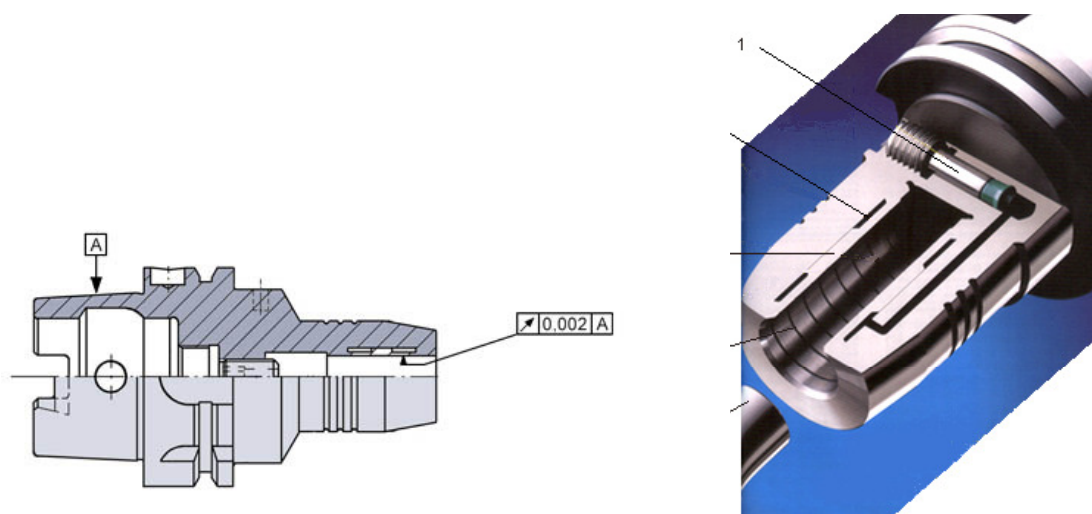
Kleštinové upínače. Princip kleštinových upínačů spočívá v zatlačování výměnné vložky (kleštiny) do kuželové dutiny upínače pomocí převlečné matice. Vložka je po obvodu opatřena zářezy, které umožní její malou pružnou deformaci a tím upnutí nástroje. Kleštinové upnutí dává velmi dobrou přesnost a přenos kroutícího momentu.



Obr. Princip kleštinového upínače

Rozsah upnutí každé vložky bývá 0.5 až 1 mm. K upínači je tedy nutno opatřit si kleštiny potřebných průměrů, případně celou sadu kleštin (např. 2-25 mm). Výhodou je možnost upínání **libovolných průměrů** (v rámci rozsahu), tedy levnějších nástrojů.

Hydraulické upínače. Tyto upínače pracují na principu deformace tenké vnitřní stěny upínací dutiny tlakem polotekuté plastické hmoty. Upínacího tlaku se dosahuje zatěsněným šroubem. Upnutí je velmi dokonalé ale upínací rozsah je malý proto vyžadují přesné stopky nástrojů vybraných průměrů. Pro snížení počtu potřebných upínačů se někdy používají dělené redukční vložky. V hydraulických upínačích není možno upínat nástroje s vyfrézovanou boční ploškou (Weldon. a Whistle Notch) protože by došlo k poškození tenké vnitřní stěny upínače. Vyrábějí se v omezené rozměrové řadě 6,8,10,12,16,20 mm, pro upnutí možno použít redukční pouzdro.



Obr. Schéma a řez hydraulického upínače.

Tepelné upínače. Pracují na principu tepelné dilatace ohřátého upínacího pouzdra, které umožní vsunutí nástroje a následného velmi dokonalého a tuhého upnutí po schlazení. Pro vyjmutí nástroje je třeba opět upínač ohřát. Přitom se ale současně ohřívá a dilataje i nástroj. Pro dobrou funkci je tedy požadován u stopky nástroje menší koeficient tepelné roztažnosti než u upínače. To dokonale splňují monolitní nástroje ze slinutého karbidu a pouze některé rychlořezné oceli.

Největší výhodou tepelných upínačů jsou minimální rozměry upínacího systému dovolující konstrukci velmi **štíhlých upínačů** pro hloubkové frézování. Na stopky nástrojů jsou kladeny opět vysoké nároky – vybrané průměry a vysoká přesnost. Pro upínání je nutno

používat speciální přístroje s horkovzdušným či induktivním ohřevem a rychlým vzduchovým chlazením.

V tepelných upínačích je možné upínat i nástroje s boční ploškou.

Vrtačková sklíčidla. Jsou výhodná velkým rozsahem upínacích průměrů (např. od 0.5 do 13 mm). Přesnost upnutí je však poměrně malá a přenos kroutícího momentu vyhovuje pouze pro menší nástroje.

Redukce. Mezi upínače je nutno zařadit i nejjednodušší pomůcky - redukce používané pro nástroje opatřené kuželovou stopkou v případě že stopka neodpovídá nástrojové dutině. Jsou to kuželové redukce ISO/ISO, ISO/Morse, Morse/Morse dodávané v různých kombinacích velikostí. Např. ISO 50/ISO 30, ISO 40/Morse 2....



Obr. Tepelné upínače běžného a velmi štíhlého provedení.



Upínací trny. Používají se pro upínání nástrčných nástrojů. Přenos kroutícího momentu je zajištěn pery na válcové nebo čelní ploše.

Zvláštní upínače. V některých případech se pro upínání nástrojů používají specifické upínače nebo spíše přístroje, které nelze zařadit do zatím žádné z uvedených skupin. Patří sem např.:

- upínače závitníků, které zajišťují např. reverzaci otáčivého pohybu při dosažení dna závitované díry, popřípadě zrychlují zpětné vytáčení závitníku,
- výcenasobné vrtací hlavy, které umožňují při upnutí do vřetene stroje upnout do hlavy několik osových nástrojů (zpravidla vrtáků),

- zrychlovací hlavy, které několikanásobně zvyšují otáčky vřetene stroje pomocí vnitřní převodovky a jsou zpravidla opatřeny kleštinovým upínačem pro upnutí malých osových nástrojů,
- vyvrtávací hlavy s pevnou nebo proměnnou polohou upnutého vyvrtávacího nože - některé hlavy umožňují měnit vyložení nože při otáčení hlavy a umožňují tak např. zarovnání čel nebo obrábění zápichů nebo i kuželové vyvrtávání.



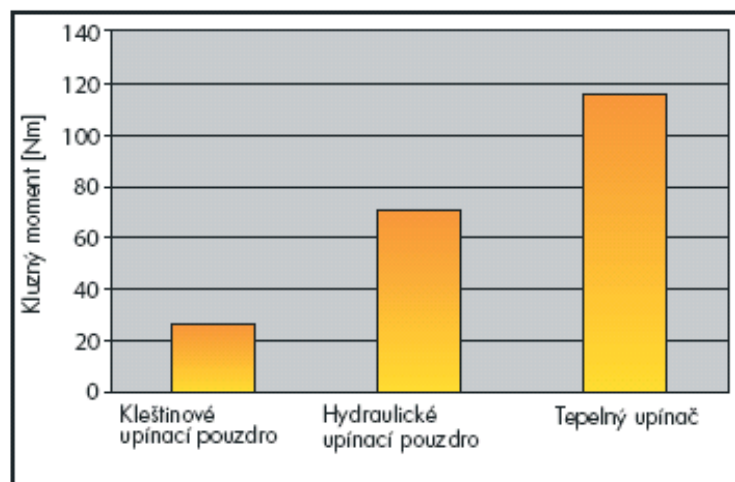
Obr. Upínače (tepelný, kleštinový a pro nástrčné frézy) s kuželem ISO a nákrůžkem pro automatickou výměnu.



Obr. Upínače (Weldon, kleštinový a pro nástrčné frézy) s kuželem ISO určené pro ruční výměnu.



Obr. Sada různých typů upínačů s kuželem HSK.



Graf. Porovnání přenášeného momentu různých typů upínačů

Vyvažování nástrojových upínačů

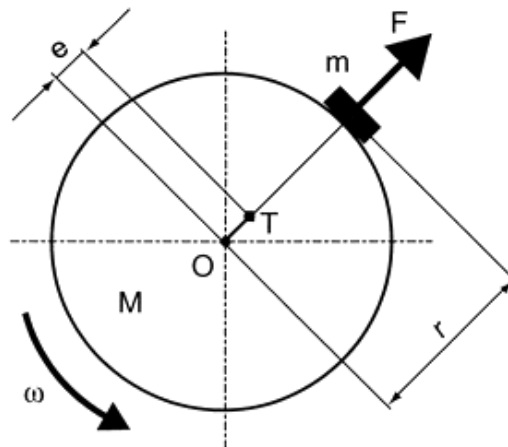
S rozvojem nových řezných materiálů stoupá řezná rychlost a tím i otáčky nástrojů. Tento trend s sebou přináší nové nároky na upínací držáky nástrojů, požadavek dobrého vyvážení. Nevyváženost soustavy vřeteno – nástrojový upínač – nástroj vyvolává vibrace, které pokud překročí bezpečnou mez, mají řadu negativních vlivů. Nejpodstatnější z nich je zrychlené opotřebení ložisek vřetene případně i jejich havárie, horší kvalita obrobenej plochy a rychlejší opotřebení nástroje.

Nevyváženost je definována jako stav rotujícího tělesa, při němž hlavní osa setrvačnosti není totožná s osou rotace. Udává se v grammilimetrech.

$$U = m \cdot r$$

$$U = (M + m) \cdot e \approx M \cdot e$$

M	– hmotnost rotoru
T	– těžiště
e	– excentricita těžiště
m	– nevyvážená hmota
r	– vzdálenost nevyvážené hmoty m od osy rotace
ω	– úhlová rychlost
F	– odstředivá síla
O	– osa rotace
U	– nevyváženost



Obr. Nevyváženost rotujícího tělesa.

Nevyvážek způsobuje odstředivou sílu dle vztahu $F = m \cdot r \cdot \omega^2$

Příčiny nevyvážku

Příčiny rozdělujeme na ovlivnitelné (konstantní) a na neovlivnitelné (variabilní). Za ovlivnitelné příčiny považujeme nesymetrickou konstrukci (různá hloubka unášecích drážek u strmých kuželů, upínací šrouby upínačů Weldon atd.) a nepřesnost ve výrobě, zejména radiální házivost nebroušených ploch. Všechny tyto vlivy mohou být odstraněny pečlivostí při návrhu konstrukce nebo vyvážením od výrobce. Např. upínací kužel SK 50 DIN 69871 vykazuje nevyvážek 250 grammilimetrů. Vhodnou úpravou v konstrukci (předvyvážením) lze tuto hodnotu snížit až na 10%.

Neovlivnitelné příčiny sestávají z detailů jako je poloha kleštin, poloha upínací matice kleštinového upínače apod. Při každém opakovaném upnutí díly sednou rozdílně a způsobí nevyvážek. Řezný nástroj – zejména tolerance délky a hloubky upínacích drážek ovlivní vyvážení sestavy upínač s nástrojem.

Měření nevyvážení

Pro měření nevyvážku nástrojových upínačů se používají dva druhy vyvažovacích strojů, které pracují na principu statického (v jedné rovině) a nebo dynamického vyvážení (ve dvou rovinách). O tom, který způsob vyvážení použít, rozhoduje především délka nástrojového upínače.

Statické vyvážení je použitelné pro upínače nástrojů, které:
mají provozní otáčky pod 15 000 ot/min
byly vyrobeny výrobcem předvyváženy
mají délku L od jmenovitého průměru kužele D menší než jmenovitý průměr kužele D

Dynamické (ve dvou rovinách) vyvážení se uplatňuje u upínačů nástrojů, které:
mají provozní otáčky větší než 15 000 ot/min
mají délku L větší než 2D

Všechny jednobřité nástroje s otáčkami nad 8 000 ot/min musí být vyváženy ve dvou rovinách.

Na jakou hodnotu vyvažovat

V praxi velmi diskutovanou otázkou je, jak dokonale vyvážený držák nástroje použít pro danou aplikaci. Normy ISO 1940 a VDI 2060 definují třídy vyvážení „G“ jako výsledek excentricity těžiště násobený úhlovou rychlostí ω .

$$G = e \cdot \omega$$

Rozměr třídy vyvážení G je mm/sec, tj. obvodová rychlost těžiště. Dalším odvozením dostaneme vztah pro nevyváženost U v grammilimetrech.

$$U = 9,5 \cdot M \cdot \frac{G}{n} = \frac{G \cdot M \cdot 30}{\pi \cdot n}$$

V praxi to potom znamená, že upínač hmotnosti 2 kg pro třídu vyvážení G 6,3 a 10 000 ot/min může mít zbytkový nevyvážek 12 g.mm, kdežto pro 20 000 ot/min pouze polovinu, tj. 6 g.mm. Podobně můžeme přepočítat i třídu vyvážení daného držáku při použití za jiných otáček. Například máme-li držák, který je vyvážen na G 6,3/8 000 ot/min, potom při 16 000 ot/min bude třída vyvážení G 12,6/16 000 ot/min.

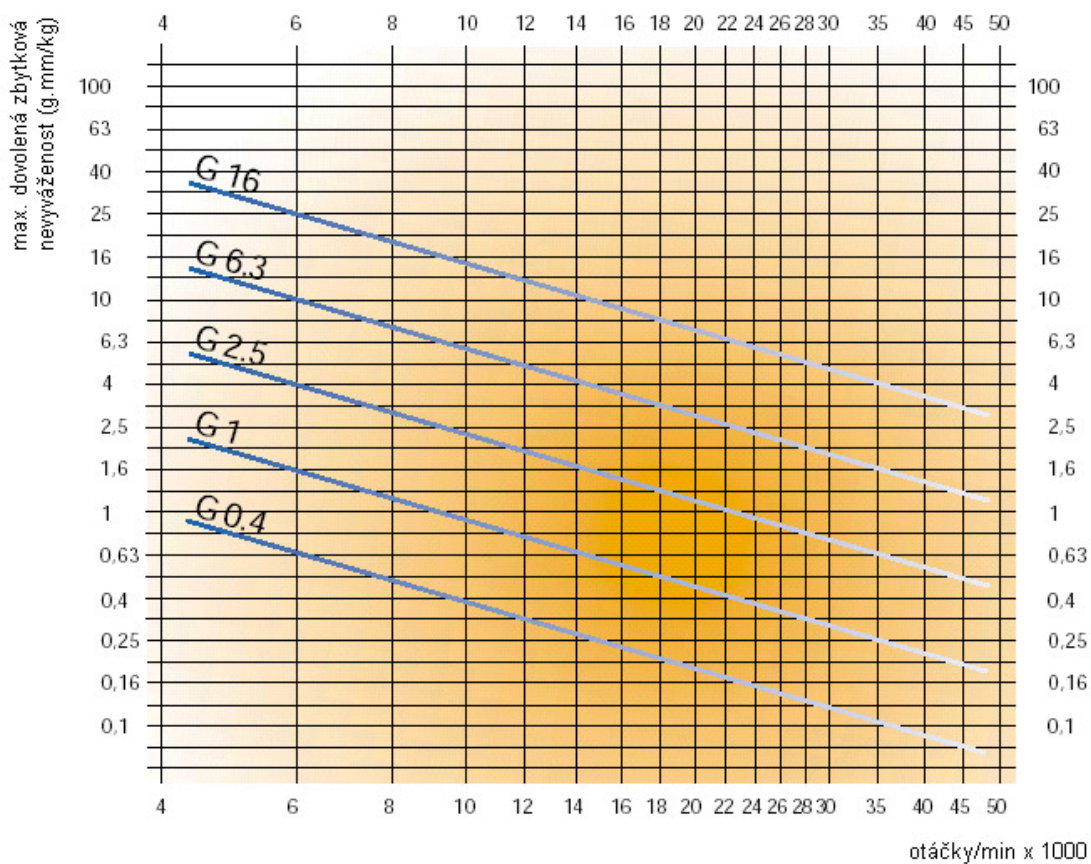
Mnozí výrobci upínačů se předhánějí, kdo nabídne co nejlepší vyvážení. Mnohdy jdou až za hranice praktické opakovatelnosti. Jako příklad poslouží vyvážení na G 2,5/25 000 ot/min. Tato třída připouští excentricitu těžiště 0,9 μ m, což je pod opakovatelnou přesností upnutí strmého kužele. Výsledkem je potom vyšší cena za vyvážení, ale opakovatelným upínáním se přesnost vyvážení nemůže dodržet. Praxe ověřila, že pro praxi plně postačuje třída G 16, která dává příznivé výsledky i při procesu vysokorychlostního obrábění a za rozumnou cenu vynaloženou na vyvážení držáku.

Metody vyvažování

Nejrozšířenější metodou vyvážení upínače je odebrání hmoty upínače na vnějším obvodu vrtáním, frézováním nebo broušením.

Pro vyvažování sestavy upínače s nástrojem se vyrábí speciální upínače nástrojů, které jsou opatřeny kroužkem s radiálním závity M4 až M5 po obvodu. Do těchto závitů se šroubují stavěcí šrouby, kterými se eliminuje nevyvážek. Jiná konstrukce používá dva otočné a vzájemně nastavitelné kroužky se stejným nevyvážkem. Vzájemným natočením těchto kroužků se dosáhne požadovaný nevyvážek a současným pootočením obou kroužků se nastaví poloha nevyvážku. Kroužky mají po obvodě cejchovanou stupnici, takže práce při vyvažování

je velmi rychlá. Výrobce vyvažovatelných upínačů jsou německá firma Kennametal Hertel nebo italský výrobce Dandrea.



Graf. Určení přípustného nevyvážku.



Obr. Vyvažovatelný upínač.