

Cílem těchto skript není encyklopedický přehled všech spojovacích prvků a konstrukčních vazeb, které se kdy ve strojírenské praxi uplatnily. Jde spíše o vybrané statě ze základních typů spojů a o snahu se v daném rozsahu zaměřit spíše na hloubku než šíři obsahu. Skrytým přáním je pak odvést posluchače od někdy povrchního a konzumního přístupu k technickým informacím a ukázat, že teprve hlubší pronikání do podstaty problémů a odhalování vnitřních příčin a souvislostí přináší trvalejší poznání i pocit uspokojení.

Autor

Tato skripta vydáváme s laskavým svolením paní PhDr. Mileny Běličové, dcery zesnulého Doc. Ing. Vladimíra Švece, CSc. S úctou tak pokračujeme v jeho dlouholetém pedagogickém a odborném působení na Fakultě strojní ČVUT v Praze.

Doc. Ing. Vojtěch Dinybyl, Ph. D.

V Praze 8. 7. 2008

Česká technika – nakladatelství ČVUT upozorňuje autory na dodržování autorských práv. Za jazykovou a věcnou správnost obsahu díla odpovídá autor. Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou.

© Vladimír Švec, 1997
ISBN 978-80-01-04138-3

ÚVOD

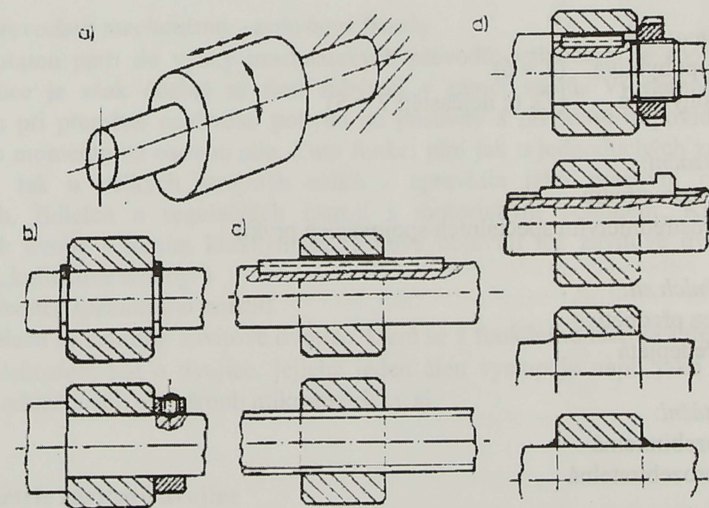
Každé strojní technické dílo sestává z určitého počtu základních stavebních prvků - dílců, součástí, které jsou vhodným způsobem uspořádány a vzájemně pospojovány. V podstatě jde o realizace jistých funkčních vztahů - kinematických a silových vazeb. Velké strojní komplety - jako např. automobil (cca 15.000 součástí), soustruh, pásový dopravník aj. - představují pak složité systémy, které lze z funkčního, konstrukčního i montážního hlediska členit do skupin, podskupin, konstrukčních uzlů a pod. Významnou skupinu v sestavě strojních zařízení tvoří mechanismy - tj. soustavy členů určené k přeměně jednoho druhu pohybu v jiný; se změnou pohybu pak souvisí i změna přenášené silové veličiny a někdy i změna formy mechanické energie.

Nejtěsnější vztahy vznikají mezi prvky, které jsou v bezprostředním dotyku. Z kinematického hlediska se dva takové členy (resp. pohybový vztah mezi nimi) označují jako „kinematická dvojice“ a těsnost jejich vazby se vyjadřuje „třídou kinematické dvojice“ T ; ta je definována vztahem

$$T = 6 - u$$

kde u je počet možných - vzájemně nezávislých složek relativního pohybu. Připomeňme, že třída $T = 0$ odpovídá dvojici vzájemně zcela nevázané a $T = 6$ pak dvojici vzájemně nepohyblivé - pevně spojené; v technické praxi se uplatňují převážně dvojice třídy $T = 5$ a 6 . Od dvojice třídy nižší k dvojici třídy vyšší lze dospět tzv. „uzamykáním“ možných složek pohybu - snižováním čísla u ; toto uzamykání lze prakticky provádět:

- tvarem
- silou
- materiálem



Obr. 1

Konstrukční realizaci určité kinematické dvojice (resp. její konstrukční vazbu) označujeme jako „konstrukční spoj, spojení“. Na obr. 1a je schematicky naznačeno spojení hřídele a náboje, odpovídající kinematické dvojici třídy $T = 4$; obě tělesa jsou vázána „tvarem“ prostřednictvím vnější a vnitřní válcové plochy o stejném průměru; náboj se může vůči vetknutému hřídeli otáčet a axiálně posouvat ($u = 2$). Na přílehlých obrázcích jsou pak

uvedena některá konstrukční provedení spojů, vedoucí ke kinematickým dvojicím vyšších tříd.

Na obr. 1b je řešeno uzamknutí axiálního posuvu „tvarem“ - a to prostřednictvím plochých kroužků pojistných, kroužku stavěcího a bezprostředně jednostranným osazením hřídele; možnost rotace náboje vůči hřídeli je zachována - $T = 5$. Spoje mohou sloužit k přenosu jen malých axiálních sil spíše klidného charakteru.

Na obr. 1c je ponechána možnost jen axiálního posuvu - $T = 5$; rotace je uzamknuta „tvarem“ to prostřednictvím vodícího pera, nebo bezprostředně - drážkováním stykových ploch. Spoje jsou schopny přenášet i velké a proměnné kroutící momenty.

Na obr. 1d je uvedeno několik příkladů spojení pevného - $T = 6$. Obě složky relativního pohybu tu jsou uzamknuty a to u prvních tří případů „silou“. V prvním případě je potřebného sevření dosaženo pomocí závitového spoje s kruhovou (hřídelovou) maticí; poněvadž třecí síly na čelních plochách náboje nezaručují, že by se náboj při zatížení kroutícím momentem neprotácel, je navíc použito spojovací pero (uzamknutí rotace tvarem). V druhém případě je potřebné silové vazby dosaženo utažením podélného drážkového klínu s nosem. Ve třetím případě jde o spojení nalisované; silové působení, potřebné k znemožnění relativních pohybů je důsledkem elastických deformací hřídele a náboje. Tři sledované případy spojů jsou tzv. „spoje předepjaté“; ještě před zahájením provozu jsou již ve stavu jistého „montážního předpětí“. Spoje jsou bez vůlí a mohou přenášet velká zatížení i proměnného charakteru. U posledního případu na obr. 1d je uzamknutí relativních pohybů provedeno „materiálem“ - prostřednictvím koutových svarů; o uzavírce materiálem se mluví též u spojů pájených a lepených.

Na základě provedené kinematicko-strukturální analýzy jednoduchého spoje „hřídel-náboj“ je možno uvést následující obecně použitelný způsob dělení konstrukčních spojů vůbec a to podle čtyř základních hledisek:

hledisko kinematické:

- a) spojení nepohyblivá ($T = 6$)
- b) spojení pohyblivá ($T < 6$; nejčastěji $T = 5$)

hledisko realizační:

- α) spojení bezprostřední
- β) spojení prostřednictvím speciálních spojovacích prvků

hledisko vnitřních sil:

- A) spojení bez předpětí
- B) spojení předepjatá

hledisko montážní:

- 1) spojení rozebiratelná
- 2) spojení nerozebiratelná

zde poznamenejme, že za rozebiratelný se považuje spoj, jehož demontáž lze provést bez poškození spojovacích i spojovaných částí a u něhož lze po opětné montáži týmiž prvky dosáhnout spojení původní kvality.

A. SPOJE A MECHANIZMY SE ZÁVITOVOU DVOJICÍ

A-1. ZÁVITOVÁ DVOJICE - ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI

A-1.1 Úvod

Dvě součásti, z nichž jedna je opatřena závitem vnějším a druhá má otvor s příslušným závitem vnitřním tvoří *závitovou dvojici*.

Funkční uplatnění závitové dvojice v technické praxi je neobyčejně významné, časté a různorodé; jde především o následující tři oblasti:

1) šroubové a závitové spoje

závitová dvojice tu umožňuje vytvoření pevného, ale rozebíratelného spojení dvou nebo více součástí a to v podstatě dvojím způsobem:

- a) za použití speciálních spojovacích elementů - *spojovacích šroubů*, které jsou k tomu účelu hromadně vyráběny v širokém spektru velikostí, tvarů i mechanických vlastností - jde o *šroubové*
- b) bezprostředním spojením - vešroubováním jedné součásti do druhé - jde o *spoje závitové*; typickou oblastí jejich uplatnění je potrubní technika - spojování trubek s různými tvarovkami (fitinky) a armaturami. Mezi závitové spoje se zahrnují též případy, kdy vnější závit je vyroben přímo na spojované součásti a druhým členem dvojice je zpravidla speciální matice; je to např. upevnění ozubeného kola nebo valivého ložiska na hřídeli za použití kruhové (hřídelové) matice, spojení pístu s pístní tyčí aj.

2) závitové převodové mechanizmy - pohybové šrouby

svou podstatou patří do výuky mechanických převodů; vzhledem ke společné základní problematice je však účelné se jimi zabývat v rámci spojů. Významně se uplatňují především při přeměně otáčivého pohybu na posuvný a při tomu odpovídající přeměně kroutícího momentu na osovou sílu. Tuto funkci plní jak u jednoduchých zařízení s ruční obsluhou, tak u velkých strojních celků - zpravidla jako pracovní orgán různých ovládacích, řídicích a regulačních ústrojí s motorickým pohonem. Kromě běžných závitových dvojic s třením kluzným se tu nově objevují též závitové dvojice s třením valivým („kuličkové šrouby“)

3) závitové dvojice speciálního použití

do této oblasti se zahrnují závitové dvojice, které se z funkčního hlediska nedaří zařadit do dvou předchozích; jde o dvojice, jejichž jeden člen vystupuje např. jako šroub stavěcí, napínací, odtlačovací, ale i šroub mikrometrický aj.

A-1.2 Geometrie závitové dvojice

Závitová dvojice je charakterizována svou závitovou částí - závitem vnějším (šroubu) a závitem vnitřním (matice); oba závity označujeme jako sdružené.

Závit je geometricky určen závitovou plochou.

Závitová plocha vzniká šroubovým pohybem výtvarného - závitového profilu.

Závitový profil leží a je normalizován v osovém řezu závitu; podle použití rozlišujeme:

- A) závitové profily pro šroubové a závitové spoje
- B) závitové profily pro závitové převodové mechanizmy