

STROJÍRENSKÉ KONSTRUOVÁNÍ

Tvorba výkresové dokumentace dle ISO norem

1. vydání

Ing. Karel Petr, Ph.D.

2020

České vysoké učení technické v Praze

OBSAH

PŘEDMLUVA	8
1. ÚVOD DO STROJÍRENSKÉHO KONSTRUOVÁNÍ.....	9
2. MODERNÍ KONSTRUOVÁNÍ VE 21. STOLETÍ.....	11
2.1. Historie vs. současnost	11
2.2. Správa výkresové dokumentace výrobku	11
2.3. Tvorba výkresové dokumentace v prostředí CAD.....	12
2.4. Možnosti CAD systémů a proč je používat při tvorbě výkresové dokumentace	12
2.5. Kvalita CAD dat	13
2.5.1. Přínosy kvalitních CAD modelů (CAD dat).....	14
2.5.2. Důsledky nekvalitních CAD modelů (CAD dat).....	14
2.5.3. Využití CAD modelů (CAD dat) v rámci podniku.....	14
2.5.4. Časté chyby CAD modelů a 2D výkresů	15
2.5.5. Programy (nástroje) na kontrolu CAD modelů (CAD dat)	15
2.6. Bezkresová dokumentace aneb 3Da modely (Průmysl 4.0)	15
2.6.1. K čemu vlastně slouží (nebo spíše... sloužil...?) 2D výkres?.....	16
2.6.2. K čemu vlastně slouží 3D model?	16
2.6.3. Problémy koexistence 3D modelu a 2D výkresu	16
2.6.4. Trend 3D definice výrobku (letecký a automobilový průmysl)	17
2.6.5. Základní normy pro 3D kótování a tolerování.....	17
2.6.6. 3D model a nástroj Product & Manufacturing Information (PMI)	17
2.6.7. Využití PMI informací.....	18
3. ÚVOD DO TECHNICKÉ NORMALIZACE.....	19
3.1. Základní terminologie	19
3.2. Systém technické normalizace.....	20
3.3. České technické normy	21
3.4. Přístup k normám.....	22
4. ZÁKLADNÍ METODY OBRÁBĚNÍ STROJNÍCH DÍLŮ	23
4.1. Způsoby obrábění strojních dílů	23
4.2. Hlavní (základní) druhy třískového obrábění	23
4.2.1. Soustružení.....	23
4.2.2. Frézování.....	23
4.2.3. Vrtání.....	23
4.2.4. Řezání	23
4.2.5. Hoblování	24
4.2.6. Obrážení	24
4.2.7. Protahování	24
4.2.8. Broušení.....	24
4.2.9. Superfinišování	24
4.2.10. Lapování.....	24
4.2.11. Honování.....	24
5. PÍSEMNÉ A GRAFICKÉ ZNAČKY (SYMBOLY) UŽÍVANÉ NA TECHNICKÝCH VÝKRESECH	25
6. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	31
6.1. Prvky výkresové dokumentace	31
6.2. Druhy technických výkresů	31
6.3. Formáty výkresů a rámeček výkresu	33
6.4. Skládání výkresů	34
6.5. Druhy čar ve strojírenství	35
6.5.1. Příklady použití různých typů čar a tlouštěk	36
6.5.2. Základní pravidla kreslení nesouvislých čar	37
6.6. Technické písmo.....	38
6.7. Měřítka zobrazení	39
6.8. Požadavky na výkresy z hlediska mikrografie	40
6.9. Rámeček výkresu	40

6.10. Technické požadavky.....	40
6.11. Popisové pole výrobního a sestavného výkresu	41
6.11.1. Název současti – „NÁZEV“	42
6.11.2. Číslo výkresu – „ČÍSLO VÝKRESU“	42
6.11.3. Počet listů – „LIST“	42
6.11.4. Typ dokumentu – „TYP“	42
6.11.5. Hmotnost současti – „HMOTNOST“	42
6.11.6. „NAVRHL“ a „KRESLIL“ včetně data.....	42
6.11.7. Měřítko výkresu – „MĚŘÍTKO“	42
6.11.8. Všeobecné tolerance ISO 2768 a ISO 8062	42
6.11.9. Norma ISO 8015 ... nic nepište (nevyplňujte)	42
6.11.10. Stav hran.....	43
6.11.11. Označení materiálu – „MATERIÁL“	43
6.11.12. Označování polotovarů – „POLOTOVAR“	43
6.11.13. „INDEX“	45
6.11.14. „ZMĚNA“	45
6.12. Náležitosti výkresového listu – výrobní výkres.....	45
6.13. Výkres sestavení (Sestavný výkres)	45
6.14. Seznam částí	46
6.14.1. Odkaz části (Part reference).....	47
6.14.2. Název části (Part name).....	47
6.14.3. Číslo části (Part number) a referenční označení (Reference designation)	47
6.14.4. Technická data, označení (Technical data, designation)	47
6.14.5. Poznámky (Remarks)	47
6.14.6. Jednotka (Unit)	47
6.14.7. Množství (Quantity)	47
6.14.8. Princip vyplnění seznamu částí.....	48
6.15. Propojení výkresu a seznamu částí	49
6.16. Odkaz části	50
6.16.1. Společná odkazová čára	51
6.16.2. Odkazy částí s uvedením množství částí	51
7. METODY PROMÍTÁNÍ POUŽÍVANÉ VE STROJÍRENSTVÍ	53
7.1. Přehled metod promítání.....	53
7.2. Perspektivní promítání.....	54
7.2.1. Jednobodová perspektiva	54
7.2.2. Dvoubodová perspektiva.....	54
7.2.3. Trojbodová perspektiva.....	54
7.3. Kosouhlé promítání.....	55
7.3.1. Kavalírní axonometrie	55
7.3.2. Kabinetní axonometrie	55
7.4. Axonometrická projekce – Axonometrie.....	55
7.4.1. Izometrie	56
7.4.2. Dimetrie	56
7.4.3. Trimetrie.....	56
7.5. Pravoúhlé promítání ISO A a ISO E.....	56
8. ZÁKLADNÍ PRAVIDLA ZOBRAZOVÁNÍ NA VÝKRESECH VE STROJÍRENSTVÍ	59
8.1. Postup tvorby (kreslení) skic	59
8.2. Základní požadavky na výkresy (skici)	59
8.3. Zakryté obrysy a hrany (neviditelné hrany).....	60
8.4. Průniky a přechody	60
8.5. Souměrné předměty	61
8.6. Přerušení (ukončení) pohledu (řezu, částečného řezu)	61
8.7. Tvarové podrobnosti (detailly)	61
8.8. Pravidelně se opakující shodné prvky – díry, drážky,	62
8.9. Malý sklon (kuželovitost)	63
8.10. Rovinné plochy na rotačních součástech.....	63

8.11.	Souvisící (sousední) části a obrysy	63
8.12.	Pohyblivé části.....	64
8.13.	Označení dělící roviny	64
8.14.	Obrysy výchozího / konečného tvaru	64
8.15.	Zobrazení částečného pohledu	64
8.16.	Místní pohled (zjednodušené zobrazení).....	66
8.17.	Rozvinutý pohled	66
8.18.	Řezy a průřezy.....	66
8.19.	Poloviční řez a poloviční pohled	69
8.20.	Částečný (místní) řez	69
8.21.	Tvar prvku ležícího před nárysou.....	69
8.22.	Průnik šestihranu (roviny) a kužele	70
8.23.	Průběh vláken a směr válcování.....	70
9.	ZÁKLADNÍ PRAVIDLA KÓTOVÁNÍ VE STROJÍRENSTVÍ	73
9.1.	Základní terminologie – prvky kót	73
9.2.	Princip prvku	74
9.3.	Hraniční značky	75
9.4.	Základní pravidla kótování	75
9.5.	Indikátory vlastnosti	76
9.6.	Orientace lineárních (délkových) a úhlových kót.....	76
9.7.	Vynášecí čáry	76
9.8.	Kótování obecných křivek (zakřivených prvků stanovených souřadnicovými kótami)	77
9.9.	Kóty neodpovídající nakreslené velikosti.....	77
9.10.	Zvláštní umístění kót.....	77
9.11.	Kótování kulových ploch.....	78
9.12.	Kótování průměrů a poloměrů	78
9.13.	Zjednodušené kótování otvorů – děr (se zahloubením)	78
9.14.	Kótování půlkruhových prvků.....	79
9.15.	Kótování oblouků, tětiv a úhlů.....	79
9.16.	Kótování od přerušených obrazů	80
9.17.	Kótování souměrných součástí	80
9.18.	Kótování čtyřhranu	80
9.19.	Kótování rozvinutých pohledů – např. ohýbané součásti	80
9.20.	Typy kót – funkční a technologické kótování	80
9.21.	Uspořádání (soustavy) kót	81
9.21.1.	Kótování od společné základny – Paralelní uspořádání kót	81
9.21.2.	Kótování od společné základny – Průběžné uspořádání kót	81
9.21.3.	Řetězové uspořádání kót	81
9.21.4.	Souřadnicové uspořádání kót	82
9.21.5.	Kombinované (smíšené) uspořádání kót	83
9.21.6.	Tabulkové kótování	83
9.22.	Kótování pravidelně rozmístěných a opakujících se prvků	83
10.	PRAVIDLA ZOBRAZ. A KÓTOVÁNÍ STROJNÍCH SOUČÁSTÍ A NORMALIZOVANÝCH PRVKŮ	87
10.1.	Ukázka postupu kótování – princip prvku (ISO 8015)	87
10.2.	Kužel (kuželový prvek).....	88
10.2.1.	Zkosení hran	89
10.2.2.	Přechodový kužel	90
10.2.3.	Neobroběný odlitý/vykovaný kužel	91
10.2.4.	Funkční kužel	91
10.3.	Koule (kulový prvek).....	92
10.4.	Válec (válcový prvek)	93
10.5.	Zobrazování a kótování rovinných ploch	94
10.5.1.	Translační plochy	94
10.5.2.	Jehlan	94

10.6. Zobrazování a kótování normalizovaných prvků	95
10.6.1. Zápichy	95
10.6.1.1. Označování zápicu	96
10.6.1.2. Zobrazování zápicu na výkresech	96
10.6.2. Středící délky	97
10.6.2.1. Označování středícího délku	98
10.6.2.2. Zobrazování středícího délku na výkresech	98
10.6.3. Drážkování	99
10.6.3.1. Označování drážkování	100
10.6.3.2. Zobrazování drážkování	100
10.6.3.3. Jemné drážkování – označení	102
10.6.3.4. Rovnoboké drážkování – označení	102
10.6.3.5. Evolventní drážkování – označení	103
10.6.4. Vroubkování, rýhování	104
10.6.4.1. Označení vroubkování a rýhování na výkrese	105
10.6.4.2. Zobrazování vroubkování a rýhování na výkresu	106
10.6.5. Závity	106
10.6.5.1. Základní terminologie	107
10.6.6. Označování (druhy) závitů	109
10.6.6.1. Metrický závit ISO (ISO 965-1 až ISO 965-5)	109
10.6.6.2. Whitworthův závit (ČSN 01 4030)	110
10.6.6.3. Palcový závit ISO (ISO 263; ISO 725; ISO 5864)	110
10.6.6.4. Lichoběžníkový rovnoramenný závit (ČSN 01 4051)	110
10.6.6.5. Lichoběžníkový nerovnoramenný závit (ČSN 01 4052)	111
10.6.6.6. Metrický lichoběžníkový ISO závit (ČSN ISO 2901; ČSN ISO 2902; ČSN ISO 2903; ČSN ISO 2904)	111
10.6.6.7. Trubkový závit (ISO 7-1)	111
10.6.6.8. Edisonův závit	112
10.6.6.9. Pancéřový závit (ČSN 01 4035)	112
10.6.6.10. Oblý závit (ČSN 01 4037)	113
10.6.6.11. Zobrazení závitů	113
10.6.7. Ukončení závitů	115
10.6.7.1. Výběh závitu (ČSN ISO 3508, ČSN 02 1034)	115
10.6.7.2. Drážka za závitem (ČSN ISO 4755)	116
10.6.7.3. Příklady ukončená vnitřního závitu – frézovaný závit vs. drážka za závitem	116
10.6.8. Závitové díry malých rozměrů	117
10.6.9. Díry a zahloubení pro šrouby a matice	117
10.6.9.1. Válcové zahloubení pro šrouby se šestihrannou hlavou a maticí s podložkou (ČSN 02 1020)	117
10.6.9.2. Válcové zahloubení pro šrouby s válcovou hlavou (ČSN 02 1024)	118
10.6.9.3. Kuželové zahloubení pro šrouby se zápustnou hlavou (ČSN EN ISO 15065)	118
10.6.9.4. Opérné plochy pro spojovací součásti (ČSN 02 1021)	118
10.6.9.5. Díry pro spojovací šrouby (ČSN EN 20273/ ISO 273)	118
10.6.10. Spojovací materiál – šrouby, matice, podložky atd.	119
10.6.10.1. Zobrazení hlav šroubů a matic	119
10.6.10.2. Příklady šroubových spojení	119
10.6.10.3. Délka zašroubování	121
10.6.10.4. Pevnostní třídy šroubů a matic	121
10.6.10.5. Umístění značení pevnostních tříd na (reálných) šroubech a maticích	122
10.6.10.6. Označování spojovacího materiálu	122
10.6.11. Drážky pro pero	125
10.6.11.1. Určení velikosti pera a drážky a jejich zobrazení	125
10.6.11.2. Druhy per, jejich označení a určení mezních úchylek délek	127
10.7. Ložiska	128
10.7.1. Valivá ložiska	129
10.7.1.1. Zobrazení valivých ložisek (ISO 8826-1 a 2)	129
10.7.1.2. Označení valivých ložisek	129
10.7.2. Kluzná ložiska (ložisková pouzdra)	130
10.8. Kontaktní těsnění	130
10.9. Označování kupovaných dílů	131
10.10. Ozubená kola	131
10.10.1. Zobrazení ozubených kol	133
10.10.2. Kótování ozubených kol	134
10.11. Řetězová kola, řemenice a kladky	136

10.12. Pružiny	136
10.12.1.Zobrazování pružin dle typu.....	136
10.12.2.Provedení konců válcových tlačných pružin	139
10.12.3.Polotovar a materiál pružin.....	139
10.12.4.Stavy tlačné pružiny.....	139
10.12.5.Principy návrhu pružiny (ČSN EN 13906-1).....	140
10.12.6.Technická výrobní dokumentace.....	140
10.13. Svařované spoje – svarky	142
10.13.1.Značení svarů.....	143
10.13.2.Výkresová dokumentace svarku	145
10.14. Lepené, sdrápkové a slisované spoje (ČSN EN ISO 15785)	147
10.15. Odlitky	148
10.15.1.Výkresová dokumentace odlitku	148
11. PŘEDEPISOVÁNÍ STAVU HRAN	150
11.1. Základní terminologie	150
11.2. Stavy hran	150
11.3. Označování na výkresech – značka stavu hran a údaje uváděné u značky	151
11.4. Individuální označení stavu hran	152
11.5. Způsoby označení převládajícího stavu hran – obecné označení hran	153
11.6. Příklady označení vnějších a vnitřních hran neurčitých tvarů	155
12. PŘEDEPISOVÁNÍ STRUKTURY (TEXTURY) POVRCHU V TECHNICKÉ DOKUMENTACI	157
12.1. Parametry struktury povrchu.....	159
12.2. Orientace značky struktury povrchu	161
12.3. Umístění značky	161
13. BIBLIOGRAFICKÉ CITACE A TECHNICKÁ DOKUMENTACE.....	163
13.1. Příklady značení	163
13.2. Obsah technické zprávy (dokumentace, BP, DP, ...).....	164
14. ZÁKLADNÍ KOREKTURNÍ ZNAČKY	165
15. SOUPIS NOREM EXISTUJÍCÍCH POLOTOVARŮ	166
16. PŘEHLED SOUVISEJÍCÍCH NOREM POUŽITÝCH V TÉTO PUBLIKACI PLATNÝCH K 03.2020.....	168
REJSTŘÍK.....	172

PŘEDMLUVA

Napsání skript bylo ovlivněno zejména dvěma okolnostmi, a to předmětem STROJIRENSKÉ KONSTRUOVÁNÍ I a snahou dosáhnout vytvoření souhrnu aktuálních předpisů a požadavků nutných pro vytvoření kvalitní výkresové dokumentace z pohledu zobrazování a kótování. Poznatky o zobrazování ve vazbách ke kótování založené na funkčních podmínkách, jsou nejen rozptylené, ale zejména často neúplné, a proto z hlediska potřeb vysokoškolského předmětu nevhodné.

Stěžejními a neoddělitelnými částmi textu jsou jednak zobrazování jednoduchých i složitějších strojních součástí, jednak související kótování elementárních prvků těchto součástí s ohledem na dané funkční vazby.

Studenti jsou již od začátku systematicky vedeni k poznávání funkce výrobků/součástí, způsobu výroby, možnostem měření, použití vhodného materiálu, a také hodnocení daného konstrukčního řešení.

Vzhledem k tomu, že předkládaná problematika je elementárním základem výuky konstruování, bylo nezbytné vytvořit nové pojetí tak, aby lépe odpovídalo návazným krokům. Skripta by neměla být jen izolovanou pomůckou v začátku studia, ale integrální součástí pedagogické dokumentace skupiny předmětů STROJIRENSKÉ KONSTRUOVÁNÍ s cílem předložit časově trvalejší publikaci umožňující svým obecnějším obsahem využití poznatků studujícími po celou dobu studia na FS a možná také v praxi.

Předkládaná skripta jsou navržena tak, aby vyhovovala jak univerzitnímu typu studia (teoreticky založenému), tak byla dobře využitelná pro studium bakalářské (profesně orientované).

Autor děkuje za cenné připomínky kolegů z Ústavu konstruování a části strojů FS ČVUT v Praze, a to jak současně přítomným, tak i působícím na jiných pracovních místech. Zvláště bych chtěl poděkovat kolegovi Ing. Františkovi Starému za věcné připomínky.

V případě nejasností, chyb, či dotazů k tomuto učebnímu textu se obracejte na autora:

Ing. Karel PETR, Ph.D.

ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ú12113 – Ústav konstruování a částí strojů

Technická 4, 166 07 Praha 6

karel.petr@fs.cvut.cz

karel.petr@outlook.cz

Praha, duben 2020

Ing. Karel PETR, Ph.D.

Autor