

Obsah

Předmluva.....	7
1. Konvenčních obráběcí stroje.....	10
1.1 Základní rozdělení konvenčních obráběcích strojů	10
1.2 Dělení obráběcích strojů podle pracovního rozsahu.....	10
1.3 Dělení obráběcích strojů podle rozhodující operace.....	10
1.4 Činitelé ovlivňující volbu obráběcího stroje.....	11
1.5 Posuzování obráběcích strojů	11
1.6 Výkonnost obráběcího stroje	12
1.7 Pracovní přesnost obráběcího stroje	12
1.8 Provozní spolehlivost a životnost obráběcích strojů.....	13
2. Vstupní charakteristiky procesu třískového obrábění	15
2.1 Tuhost obráběcího stroje.....	15
2.1.1 Základní pojmy	15
2.1.2 Charakteristika tuhosti	16
2.1.3 Tuhost styků.....	18
2.2 Vliv tuhosti na pracovní přesnost obráběcího stroje.....	19
2.3 Převodové mechanismy klasických obráběcích strojů	19
2.3.1 Stupňovité převody	19
2.3.2 Plynule regulovatelné převody	20
2.4 Potlačení impulsu síly do rámu stroje.....	25
2.5 Zvyšování dynamické tuhosti regulace.....	26
2.6 Dynamika frézovacích center	27
2.6.1 Statika tuhosti	28
2.6.2 Stabilita obrábění	29
2.6.3 Vliv tlumení vřeten na míru stability	30
2.6.4 Vliv statické tuhosti na míru stability	32
2.6.5 Tlumiče vřeten a nástrojů	32
2.6.6 Ovlivňování stability frézování volbou otáček nástroje	33
2.6.7 Metody a přístroje, novinky roku 2002	35
3. Vývoj NC strojů a technologií v 2. polovině 20. století [8].....	37
3.1 Vývoj číslicově řízených obráběcích strojů v 50. až 60. letech.....	37
3.2 Vývoj číslicově řízených obráběcích strojů v 70. až 80. letech.....	38
3.3 Vývoj číslicově řízených obráběcích strojů v 90. letech až 2000.....	38
3.4 Vývoj řízení NC strojů a výrobních systémů v 50. až 60. letech.....	39
3.5 Vývoj řízení NC strojů a výrobních systémů v 70. až 80. letech.....	39
3.6 Vývoj řízení NC strojů a výrobních systémů v 90. letech až 2000.....	40
4. Hlavní trendy současné výroby obráběcích strojů.....	41
4.1 Světová výroba a spotřeba obráběcích strojů	41
4.2 Současná situace ve světové výrobě a spotřebě obráběcích strojů	42
4.2.1 Vliv ekonomické situace na vývoj nových strojů	43
4.3 Základní vlastnosti vysokorychlostních obráběcích strojů	44
4.4 Organizační, technologické a technické dopady při nasazování vysokorychlostních strojů	44
4.5 Obráběcí stroje a technologie na přelomu století.....	44
5. Vysokorychlostní technologie a stavba obráběcích strojů nastupující generace	46
5.1 Vliv ekonomických a technických požadavků na koncepční řešení vysokorychlostních strojů.....	46
5.2 Tuhost a tlumení vysokorychlostních obráběcích strojů	47
5.2.1 Stabilita řezného procesu, tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek	48
5.2.2 Odvození změny úhlu střížné roviny Φ (ČSN δ).....	48

5.3 Tepelné toky v pohonech posuvů a jejich eliminace	49
5.3.1 Integrovaná elektrovřetena s průtokově chlazeným statorem i rotorem	49
5.4 Pětiosé obrábění a jeho význam	51
5.5 Vliv tříosých a pětiosých technologií a strategií na řešení vysokorychlostních strojů	52
5.6 Požadované vlastnosti a technické parametry vysokorychlostních strojů	53
5.6.1 Příklady provedení strojů a uzlů	58
6. Vnitřní struktura obráběcích strojů a center	59
6.1 Komponenty obráběcího stroje [8]	59
6.2 Nosná soustava obráběcího stroje	60
6.3 Typické konfigurace progresivních nosných soustav	60
6.4 Klasifikace rotačních součástí	61
6.5 Klasifikace a skupinová technologie součástí	61
6.6 Klasifikace soustružnických operací rotačních součástí	64
6.7 Klasifikace obráběcích operací s rotujícími nástroji	64
6.8 Soustružnická centra na rotační součásti	65
6.9 Úhlové sklápění nástrojových vřeten u pětiosého obrábění	66
7. Obráběcí stroje pro inverzně vertikální obrábění	68
7.1 Požadavky na řešení nové generace obráběcích strojů	68
7.2 Současný stav pohonné techniky	69
7.3 Rozbor splnitelnosti požadavků	69
7.4 Optimalizace polohy obrobku, nástroje a nosné části rámu	70
7.5 Konstrukční a technologické varianty řešení pro rotační obrobky	70
7.6 Obráběcí centra a klasifikace nerotačních součástí	72
7.6.1 Z-CLASS systém klasifikace součástí, operací a strojů	72
7.6.2 Upínání nerotačních obrobků	74
7.6.3 Problémy přesnosti paletizovaného obrábění	75
7.6.4 Klasifikace nerotačních součástí obráběných na obráběcích centrech	76
7.7 Hexapody - obráběcí stroje s paralelní kinematikou	78
7.7.1 Sériové a paralelní struktury rámů	79
7.7.2 Hybridní hexapody a tripody	80
8. Optimalizace konstrukce a výroby HSC obráběcích strojů	83
8.1 Koncepční řešení vertikálních a horizontálních center	83
8.2 Rámy strojů a přestavované části	83
8.3 Přímochařá vedení	84
8.4 Pohony posuvů	84
8.5 Pohony vřeten	85
8.6 Systémy automatické výměny nástrojů a obrobků	86
8.6.1 Výměna a zásobníky nástrojů	86
8.6.2 Manipulace s obrobky a technologickými paletami	86
8.7 CNC řízení, adaptivní řízení řezných podmínek a aktivní řízení rozměrů	87
8.8 Integrovaná vřetena obráběcích strojů	87
8.8.1 Vysokootáčková a vysokovýkonová vřetena s integrovanými motory	87
8.8.2 Uložení integrovaných vřeten	88
8.8.3 Konstrukční provedení vřeten	89
8.9 Konstrukční a technologické vývojové směry	90
8.9.1 Všeobecné požadavky	90
8.9.2 Technologické požadavky	90
8.9.3 Konstrukční požadavky	91
8.10 Přesnost obráběcích strojů	91
8.10.1 Přehled geometrických odchylek	91
8.10.2 Přesnost pracovního prostoru	93
8.10.3 Aktivní kompenzace tepelných deformací	94

9. Konstruování strojních součástí pomocí programu SolidWorks [14, 15]	96
9.1 Charakteristika programu SolidWorks	96
9.2 Nadstandardní funkce programu SolidWorks	97
9.3 Moduly programu SolidWorks	98
9.3.1 Modul PhotoWorks	98
9.3.2 Modul FeatureWorks	99
9.4 Tvorba dílů	100
9.4.1 Zaoblování	100
9.4.2 FeatureManager (Správce geometrie)	101
9.4.3 Výkresová dokumentace a kusovníky	101
9.4.4 Práce s plechovými díly	102
9.4.5 Sestavy	103
9.4.6 Typové řady výrobků	103
9.4.7 Kinematika	104
9.4.8 Převod výkresů do 3D dílů	104
9.4.9 Tvorba forem	104
9.4.10 Paleta prvků	105
9.4.11 Převodní datové formáty	105
10. Obráběcí stroje s vysokými rychlostmi posuvů a vysokým zrychlením	106
10.1 Dynamické pohony posuvů NC strojů – současný stav	106
10.2 Přímé pohony posuvů, základní vztahy	106
10.3 Řízení lineárních motorů	107
10.4 Časové úspory při obrábění	108
10.5 Problematika rotačních pohonů posuvů	109
10.5.1 Přímé rotační pohony	109
10.6 Aplikace lineárního motoru k pohonu stolu obráběcího stroje	110
10.7 Synchronní lineární motory	111
10.8 HSC stroje s lineárními motory	112
10.9 Regulace lineárních motorů	115
10.9.1 Srovnání dynamických možností lineárního a rotačního pohonu	115
10.9.2 Dosažitelné zrychlení	115
10.9.3 Lineární pohon	115
10.9.4 Rotační pohon	116
10.10 Samobuzené kmity u lineárních motorů	116
10.11 Omezení derivace zrychlení	117
10.12 Interakce stroje a regulačního pohonu	117
10.12.1 Vložené převody u posuvových systémů s rotačními motory	117
10.12.2 Vložený převod se šroubem	119
10.13 Přímé rotační vysokomomentové motory	121
10.14 Synchronní lineární motory s železným jádrem a kapalinovým chlazením	122
10.15 Montáž synchronních lineárních motorů	122
10.16 Synchronní lineární motor se zdvojenou pasivní částí	122
10.17 Vysokomomentové přímé motory	124
11. Pohybové mechanismy	125
11.1 Krytování pohybových mechanismů	125
11.2 Komponenty a valivá vedení	126
11.3 Lineární valivá vedení	128
11.4 Kuličkové šrouby a matice	129
11.4.1 Kuličkové šrouby s kruhovým profilem závitu	130
11.4.2 Kuličkové šrouby s gotickým profilem závitu [17]	131
11.4 Uložení kuličkových šroubů	131
11.5 Uložení kuličkových matic	132
11.6 Aplikace ložisek	133
11.7 Pasivní odpory a deformace kuličkových šroubů [3]	134

11.8 Použití keramických kuliček u šroubů a ložisek	136
11.9 Kabely pro přívod energie	137
12. Důsledky rozvoje NC strojů a vysokorychlostních technologií.....	138
12.1 Vliv nejistého tržního prostředí na počátku 21. století	138
12.2 Struktura výrobních závodů budoucnosti	140
12.3 Posilování postavení vedoucích firem	140
12.4 Důsledky nastávající expanze produktivity	141
12.5 Nastávající problémy a jejich možná řešení	141
Literatura.....	143