

## Obsah

Anotace	5
1. Úvod. Vymezení problematiky, definice retrofittingu, historický přehled a současný stav	7
1.1 Definice retrofittingu a vymezení problematiky	7
1.2 Krátký historický přehled	7
1.2.1 Mezinárodní rozvoj retrofittingu	7
Příklady činnosti firmy Gorishegg, GmbH:	8
1.2.2 Rozvoj retrofittingu v ČR	11
1.2.3 Retrofitting na ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky FSI VUT v Brně	13
1.3 Retrofitting a pedagogika	22
1.3.1 Retrofitting – praktické doplnění teoretického studia konstruktérů výrobních strojů	23
1.3.2 Následná integrace učení ve výrobním procesu	28
1.3.2.1 I. Cesta: učení spoluvytvářením	28
1.3.2.2 II. Cesta: použití techniky, která podporuje učení	31
1.4 Literatura ke kapitole 1	33
2. Modernizace strojů při retrofittingu	34
2.1 Kritéria potřeby modernizace	34
2.2 Přínosy retrofittingu pro uživatele	34
2.3 Základní schéma postupu při modernizaci výrobních strojů	36
2.4 Specifikace oblastí inovace obráběcích strojů	37
2.4.1 Dělení retrofittingu	37
2.4.2 Řízení a ovládání stroje	38
2.4.2.1 Možnosti retrofittingu z hlediska řízení	38
2.4.2.2 Zhodnocení současných možností retrofittingu v oblasti řízení	39
2.4.2.3 Výběr odměřovacích zařízení	40
2.4.3 Inovace vlastního stroje	44
2.4.4 Úpravy upínání obrobku a nástroje	46
2.4.5 Manipulace s obrobkem u stroje	49
2.4.6 Uplatnění nových řezných materiálů	49
2.4.7 Prostředky ke slučování technologických operací	50
2.4.8 Vybavení stroje prostředky aktivní kontroly	51
2.4.9 Zlepšení pracovních podmínek	54
2.4.10 Další možnosti modernizace strojů	55
2.5 Literatura ke kapitole 2	56
3. Analýza příčin poruch strojních součástí a posuzování poruch výrobních strojů	57
3.1 Úvod a definice	57
3.2 Analýza příčin poruch strojních součástí	58
3.2.1 Degradáčn <span>í</span> mechanismy v kovových materiálech součástí	59
3.2.1.1 Úvod a základní pojmy	59
3.2.1.2 Výrobn <span>í</span> degradace	60
3.2.1.3 Degradace provozn <span>í</span>	62
3.2.1.4 Degradace svarových spojů [13]	63
3.2.2 Experimentáln <span>í</span> metody	64
3.2.2.1 Metalografie	64
3.2.2.2 Transmisn <span>í</span> elektronov <span>á</span> mikroskopie	64
3.2.2.3 Rastrovac <span>í</span> elektronov <span>á</span> mikroskopie a elektronov <span>á</span> mikroanalýza	64
3.2.2.4 Fraktografie	64



3.3	Posuzování vad a poruch výrobních strojů	66
3.3.1	Úvod	66
3.3.2	Vady ovlivňující technický stav strojů a zařízení	66
3.3.3	Proces vyšetřování poruch (havárií) výrobních strojů	66
3.3.4	Opravy strojů a zařízení	69
3.3.5	Analýza způsobilosti provozu a důsledků poruch ve strojních zařízeních	69
3.3.5.1	Metoda spolehlivostní analýzy stroje [9]	69
3.3.5.2	Dekompozice obráběcího centra ve vazbě na stanovení příčin vzniku poruchy	70
3.3.5.3	Vyhodnocení a závěr	73
3.4	Literatura ke kapitole 3	74
4.	Metodika postupu oprav, nejčastější poruchy a nutné opravy na jednotlivých skupinách výrobních strojů, praktické příklady	75
4.1	Obecná metodika retrofitingu konvenčních a NC strojů	75
4.1.1	Obecná metodika postupu od generálních oprav po retrofitting	75
4.1.2	Obecné zásady pro retrofitting řízení výrobních strojů	76
4.1.3	Doporučení pro retrofitting konvenčních, NC a CNC výrobních strojů	76
4.1.4	Praktická doporučení pro postup při retrofitingu	78
4.2	Nejčastější poruchy a nutné opravy na jednotlivých skupinách výrobních strojů	79
4.2.1	Hlavní skupiny výrobních strojů	79
4.2.2	Nejčastější poruchy a nutné opravy na uvedených hlavních skupinách strojů	79
4.2.3	Řešení oprav výměnou normalizovaných dílů	80
4.3	Opravy lineárních vedení	81
4.3.1	Lineární (přímočará) vedení kluzná bez obložení	81
4.3.2	Náhrada kluzných přímočarých vedení valivými elementy	81
4.4	Opravy lineárních vedení kluzných s obloženími	83
4.4.1	Materiály pro obkládání kluzných vedení – popis a rozdělení [3; s. 128]	83
4.4.2	Materiály připevňované v tuhém stavu	83
4.4.2.1	Turcite®-B Slydway® [1]	84
4.4.2.2	Metaloplast SP-25I	92
4.4.3	Materiály nanášené v kašovitém stavu [3; s. 130-131]	92
4.4.4	Materiály nanášené v tekutém stavu [3; s. 131-134]	94
4.4.5	Praktická ukázka postupu nalévání tekuté hmoty GS-super fluid	97
4.4.6	Celkové vyhodnocení vlastností kluzných materiálů [3; s. 135-137]	98
4.5	Problematika oprav soustav (převodů) s ozubenými koly	100
4.5.1	Vymezení problematiky	100
4.5.2	Výroba ozubených kol [4; s. 152]	101
4.5.3	Obrábění ozubených kol tvarovými nástroji [4; s. 152-155]	101
4.5.3.1	Frézování kotoučovou modulovou frézou	102
4.5.3.2	Frézování stopkovou modulovou frézou	102
4.5.3.3	Obrázení zubů tvarovým nožem	102
4.5.3.4	Obrábění zubů protahovacím trnem	102
4.5.3.5	Vytvoření ozubení postupným protahováním	102
4.5.4	Odvalovací způsoby obrábění zubů čelních kol [4; s. 155-163]	103
4.5.4.1	Obrázení zubů (hoblování)	104
4.5.4.2	Obrábění zubů odvalováním (frézou)	107
4.5.4.3	Obrázení jiným ozubeným kolem, které je nástrojem [10; s. 294-295]	108
4.5.5	Obrábění vnitřního ozubení čelních kol [4; s. 164]	110
4.5.6	Obrábění ozubeného hřebene [4; s. 164]	110
4.5.7	Vyhodnocení problematiky výroby ozubených kol	110



4.6	Opravy úložných ploch pro valivá ložiska	110
4.6.1	Opravy ploch pro vnitřní kroužky ložisek	110
4.6.2	Opravy ploch pro vnější kroužky ložisek	110
4.7	Aplikace odměřovacích zařízení	110
4.7.1	Aplikace lineárních snímačů	110
4.7.2	Aplikace rotačních snímačů	113
4.7.2.1	Aplikace rotačních snímačů pro rotační odměřování	113
4.7.2.2	Aplikace rotačních snímačů pro lineární odměřování	113
4.7.3	Speciální problematika aplikace rotačních snímačů	114
4.8	Některá další praktická doporučení	116
4.8.1	Manipulace se stroji	116
4.8.2	Ustavování strojů	117
4.8.3	Ostatní nezbytné úkony při retrofitingu	117
4.9	Literatura ke kapitole 4	119
5.	Technologičnost konstrukce	120
5.1	Úvod	120
5.2	Systémový přístup k řízení návrhu retrofitingu	120
5.3	Všeobecné zásady technologičnosti konstrukce	122
5.3.1	Tk z hlediska minimalizace pracnosti	124
5.3.2	Volba racionální drsnosti	126
5.3.3	Tuhost obráběných součástí	128
5.3.4	Druh polotovaru	129
5.4	Technologičnost konstrukce odlitků	129
5.4.1	Poloměry vnitřních zaoblení odlitků ze šedé litiny	130
5.4.2	Úkoly	131
5.4.3	Přidávky na obrábění	131
5.5	Technologičnost konstrukce výkovek a výlisků	132
5.5.1	Technologičnost konstrukce výkovek	132
5.5.2	Technologičnost konstrukce výlisků	133
5.6	Technologičnost konstrukce svarků	134
5.6.1	Všeobecné zásady	134
5.6.2	Volba vhodného druhu svaru	137
5.6.3	Volba velikosti přídavku na obrábění svarku	137
5.6.4	Předpis tepelného zpracování	138
5.6.5	Obrobitelnost svarových spojů	140
5.7	Technologičnost konstrukce nýtovaných spojů	140
5.7.1	Druhy nýtovaných spojů	140
5.7.2	Technologičnost nýtovaných konstrukcí	140
5.7.3	Speciální způsoby nýtování	141
5.8	Technologičnost konstrukce rotačních součástí	142
5.8.1	Požadavky na polotovary a jejich materiál	143
5.8.2	Drsnost povrchu	143
5.8.3	Volba typizovaných konstrukčně-technologických prvků (KTP)	144
5.9	Technologičnost konstrukce nerotačních součástí	147
5.9.1	Požadavky na konstrukci z hlediska upínání	148
5.9.2	Technologické možnosti nc strojů a jejich vliv na konstrukci součástí	150
5.9.3	Technologičnost konstrukce z hlediska montáže	152
5.10	Kontrola výrobní a technické dokumentace	152
5.11	Literatura ke kapitole 5	153



6. Materiály ve stavbě strojů a technologie oprav dílů z nich vyrobených	154
6.1 Základní přístupy	154
6.2 Určení výchozího materiálu opravovaných součástí	154
6.3 Ocelové součástky	154
6.3.1 Konstrukční oceli	154
6.3.2 Oceli s předepsaným obsahem C, Mn, Si, P, S	156
6.3.3 Nízkolegované konstrukční oceli	157
6.3.4 Středně legované a vysoko legované konstrukční oceli	158
6.3.5 Nástrojové oceli	159
6.4 Litiny	160
6.4.1 Šedá litina	160
6.4.2 Oceli na odlitky	160
6.5 Umělé hmoty	161
6.6 Technologie oprav	161
6.6.1 Obrábění	161
6.6.2 Lepení	163
6.6.3 Chemickotepelné zpracování [1; s. 1569-1576]	167
6.6.3.1 Cementování	167
6.6.3.2 Nitridování	168
6.6.3.3 Nitridování na měkko	168
6.6.3.4 Nitrocementování	168
6.6.3.5 Difúzní pokovování	169
6.6.4 Svařování, navařování, vyvařování	171
6.6.5 Elektrochemické nanášení materiálů (galvanotechnika) [1; s. 2368-2372].	172
6.6.6 Chemická úprava povrchů	174
6.7 Literatura ke kapitole 6	175
7. Principy aplikace QMS podle ISO 9001 v oblasti retrofitingu	176
7.1 Základní principy QMS (quality management system)	176
7.1.1 Význam a vývoj péče o kvalitu	176
7.1.2 Základní pojmy a definice z oblasti kvality/jakosti	177
7.2 Přehled požadavků normy ČSN EN ISO 9001	179
7.3 Dokumentace QMS	180
7.3.1 Struktura dokumentace QMS	182
7.3.2 Identifikace dokumentů	183
7.3.3 Členění dokumentů na řízené a neřízené dokumenty	184
7.3.4 Členění dokumentů podle jejich původu	184
7.3.5 Další členění dokumentů	184
7.4 Postup zpracování dokumentu (směrnice/postupu)	185
7.5 Příklady zpracování dokumentace QMS	187
7.5.1 Karta procesu	187
7.5.2 Procesní diagram	189
7.5.3 Mapa procesů	190
7.6 Monitorování a měření produktu	191
7.6.1 Vstupní kontrola	192
7.6.2 Mezioperační kontrola	193
7.6.3 Výstupní kontrola	193
7.7 Literatura ke kapitole 7	194



8. Technicko – ekonomické aspekty retrofitingu	195
8.1 Seznam použitých zkratk	195
8.2 Úvod	196
8.3 Definice a názvosloví používané při posuzování technického stavu a oceňování strojů a zařízení	197
8.3.1 Stroje a strojní zařízení (SAZ)	197
8.3.2 Členění (dekompozice) strojů a zařízení (SAZ)	198
8.3.3 Životnost (Ž), [roky, měsíce, hodiny]	198
8.3.4 Spolehlivost	199
8.3.5 Mezní stav	200
8.3.6 Údržba a opravy SAZ	201
8.3.7 Modernizace a rekonstrukce SAZ	202
8.3.8 Technická hodnota saz (TH) v [%]	203
8.3.9 Výchozí technická hodnota (VTH) v [%]	203
8.3.10 Vth skupiny stroje (VTHS) [%]	203
8.3.11 Poměrný podíl skupiny stroje (PDS) [%]	203
8.3.12 Pořizovací cena saz (PC) [Kč]	204
8.3.13 Výchozí cena saz (VCS) [Kč]	204
8.3.14 Časová cena saz (ČC) [Kč]	205
8.3.15 Koefficient prodejnosti (KP) [-]	205
8.3.16 Obvyklá cena (OC) [Kč]	205
8.3.17 Mimořádná výbava SAZ (MV)	206
8.3.18 Základní amortizace (ZA) [%]	206
8.3.19 Doba provozu (DP) [roky]	206
8.3.20 Poškození saz (POS) [Kč]	206
8.3.21 Náklady na opravu (NO) [Kč]	207
8.3.22 Koefficient redukce obvyklé ceny (KR) [ – ]	207
8.4 Metodika hodnocení technického stavu a oceňování strojů a zařízení	207
8.4.1 Hodnocení technického stavu a oceňování jednotlivých strojů a zařízení	207
8.4.1.1 Technická prohlídka, funkční a provozní zkouška	207
8.4.1.2 Stanovení technické hodnoty SAZ (TH)	208
8.4.1.3 Stanovení ZA – amortizační křivky a stupnice	209
8.4.1.3.1 Podmínky pro stanovení amortizace strojů a zařízení	210
8.4.1.3.2 Stanovování amortizace	211
8.4.1.4 Přirážky a srážky při hodnocení technického stavu SAZ	216
8.4.1.5 Stanovení výchozí ceny (VCS)	216
8.4.1.6 Výpočet časové ceny (ČC)	218
8.4.1.7 Výpočet obvyklé ceny (OC)	218
8.4.1.8 Stanovení koeficientu prodejnosti (KP)	218
8.4.2 Hodnocení a oceňování rozsáhlých souborů předmětů kategorie DHIM	219
8.4.2.1 Skupinová metoda	219
8.4.2.2 Metoda zjednodušená	219
8.4.3 Stanovení výše škody na saz (VŠ)	221
8.4.3.1 Porovnání nákladů na opravu s obvyklou cenou stroje před poškozením	221
8.4.3.2 Stanovení přirážek nebo srážek za zhodnocení, případně za znehodnocení stroje opravou	221
8.4.3.3 Úplné zničení stroje	221
8.4.3.4 Cena zbytků stroje [Kč]	222
8.4.3.5 Zbytkové procento provozuschopnosti stroje ZPPS [%]	222
8.5 Amortizační křivky	222
8.6 Amortizační stupnice	224



8.7	Strukturní model přepočtu cen č. 226/1991 Sb. FMF	226
8.8	Seznam formulářů pro technickou prohlídku vybraných obráběcích a tvářecích strojů, pram	227
8.9	Literatura ke kapitole 8	229
9.	Bezpečnost retrofitovaných strojů	231
9.1	Úvod	231
9.2	Posuzování shody	231
9.3	Evropská legislativa	231
9.3.1	Komunitární právo	232
9.3.1.1	Členění sekundárního komunitárního práva	233
9.3.1.2	Charakteristické rysy komunitárního práva	234
9.3.2	Orgány evropských společenství	234
9.3.3	Legislativa týkající se konkrétních oblastí	235
9.3.4	Zdroje informací	237
9.3.5	Směrnice 2006/42/ES	238
9.3.5.1	Oblast působnosti směrnice 2006/42/ES	238
9.3.5.2	Požadavky na výrobce	238
9.3.5.3	Technická dokumentace strojního zařízení	240
9.3.5.4	Základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost	241
9.3.6	Směrnice 2006/95/ES	241
9.3.7	Směrnice 2004/108/ES	242
9.4	Národní legislativa	243
9.4.1	Zákon č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky	243
9.4.2	Vládní nařízení k provedení zákona č. 22/1997 Sb.	245
9.4.2.1	Nařízení vlády č. 24/2003 Sb.	245
9.4.2.2	Nařízení vlády č. 17/2003 Sb.	246
9.4.2.3	Nařízení vlády č. 616/2006 Sb.	246
9.4.2.4	Nařízení vlády č. 20/2003 Sb.	246
9.4.3	Zákon č. 102/2001 Sb.	247
9.4.4	Nařízení vlády č. 378/2001 Sb.	247
9.4.5	Zákon č. 59/1998 Sb.	248
9.4.6	Zákon č. 262/2006 Sb. (Zákoník práce)	248
9.4.7	Vyhláška úbp 48/1982 sb.	250
9.4.8	Sankce	250
9.5	Bezpečnostní normy	252
9.5.1	Hierarchie typů bezpečnostních norem	252
9.5.2	Přehled základních definic	253
9.5.3	Nebezpečí a rizika uvažovaná při konstrukci strojů	255
9.5.3.1	Popis základních nebezpečí	255
9.5.3.2	Mechanická nebezpečí	255
9.5.3.3	Elektrické nebezpečí	256
9.5.3.4	Tepelné nebezpečí	256
9.5.3.5	Nebezpečí vytvářená hlukem	256
9.5.3.6	Nebezpečí vytvářená vibracemi	256
9.5.3.7	Nebezpečí vytvářená zářením	257
9.5.3.8	Nebezpečí vytvářená materiály a látkami	257
9.5.3.9	Nebezpečí vytvářená zanedbáním ergonomických zásad při konstrukci stroje	257
9.5.3.10	Kombinace nebezpečí	257



9.6 Ergonomie	257
9.6.1 Ergonomie v normativních ustanoveních	257
9.6.2 Ergonomické zásady v procesu projektování strojů	258
9.6.2.1 Antropometrie a biomechanika	258
9.6.2.2 Mentální schopnosti člověka	259
9.6.2.3 Sdělovače a signalizační prvky	259
9.6.2.4 Ovládače	259
9.6.2.5 Interakce člověka se strojem v pracovním procesu	260
9.6.2.6 Interakce člověka s fyzikálním pracovním prostředím	261
9.6.3 Přehled všeobecných zásad	261
9.6.3.1 Osvětlení	261
9.6.3.2 Tepelné podmínky	262
9.6.3.3 Akustické podmínky	262
9.6.3.4 Vibrace	262
9.6.3.5 Nebezpečné látky a záření	263
9.6.3.6 Celkové poměry na pracovišti (pracovním místě)	263
9.6.4 Vybrané ergonomické metody hodnocení strojů	264
9.6.4.1 Metoda ergonomického hodnocení strojů pomocí kontrolního listu	264
9.6.4.2 Metoda ergonomického hodnocení strojů z hlediska funkce člověka u stroje	265
9.6.4.3 Metoda hoderg – hodnocení ergatičnosti stroje	267
9.6.4.4 Metoda bodovací	267
9.7 Vymezení analýzy rizik v harmonizovaných normách	268
9.7.1 Analýza rizik v konstrukci stroje	268
9.7.2 Analýza rizik u funkční bezpečnosti stroje	273
9.8 Všeobecné základy managementu rizik	279
9.9 Literatura ke kapitole 9	285
10. Příklady a zkušenosti z praktických řešení	288
10.1 Výběr příkladů	288
10.2 Firma S.O.S. Difak, s.r.o.	288
10.3 Firma Juráček, generální opravy a stavba strojů	290
10.4 Firma M-MOOS, spol. s r. o.	294
10.5 Firma Act-in Machine Services, s. r. o.	298
10.6 Výrobci komponent	300
10.7 Literatura ke kapitole 10	301
11. PŘÍLOHY	302
Soustruhy hrotové	303
Soustruhy svíslé	304
Soustruhy revolverové	305
Frézky konzolové	306
Vrtačky otočné	307
Vrtačky souřadnicové	308
Vývrtávačky	309
Obrážečky	310
Hoblovky	310
Rámové pily na kov	312
Kotoučové pily na kov	313
Brusky hrotové	314
Brusky bezhroté	315
Brusky rovinné	316



Výstředníkový lis	317
Klikový lis	318
Buchar	319
Tabulové nůžky	320
Průmyslové roboty a manipulátory	321
Poděkování	322
Obsah	323

