

OBSAH

1.	Předmluva	13
2.	Základy tváření kovů (<i>Doc. Ing. Vladimír Hašek, CSc.</i>)	15
2.1	Fyzikální podstata tváření kovů	15
2.1.1	Vznik deformací	17
2.1.2	Deformace monokrystalů	17
2.1.3	Deformace polykrystalického kovu	18
2.1.4	Zpevnění	19
2.1.5	Zotavení a rekrytalizace	19
2.1.5.1	Zotavování	20
2.1.5.2	Rekrytalizace	20
2.1.5.3	Růst zrn	21
2.1.5.4	Rekrytalizace nerovnoměrně deformovaného kovu	22
2.1.6	Mechanika tvářecích pochodů	22
2.1.6.1	Stav napjatosti	22
2.1.6.2	Schémata hlavních deformací	23
2.1.7	Podmínky plastické deformace	24
2.1.7.1	Deformační diagramy	25
2.1.8	Literatura	26
2.2	Zjišťování stavu napjatosti a stupně deformace na výtlačcích (<i>Ing. Viktor Mikeš</i>)	26
2.2.1	Deformační sítě	27
2.2.2	Stupeň deformace a stavy napjatosti	29
2.2.3	Aplikace uvedené metody z hlediska stanovení mezních hodnot deformace	31
2.2.4	Postup při praktickém použití uvedené metody a příklady aplikace	33
2.2.5	Literatura	34
3.	Materiál výlisku a jeho zkoušení (<i>Doc. Ing. Miroslav Kořínek, CSc.</i>)	35
3.1	Stručný nástin výroby plechů a pásů	35
3.2	Materiálové vlastnosti zajišťující tvárnost	36
3.2.1	Chemické složení	36
3.2.2	Struktura	36
3.2.3	Mechanické vlastnosti	40
3.2.3.1	Citlivost výsledných mechanických vlastností na směr tváření (anizotropie)	41
3.2.3.2	Citlivost výsledků mechanických zkoušek na teplotu a dobu uskladnění (stárnutí)	42

3.3	Povrch a vnitřní vady plechů a pásů	44
3.4	Zkoušky plechů a pásů	46
3.4.1	Zkouška podle Erichsena	46
3.4.2	Zkouška střídavým ohýbáním	46
3.4.3	Zkouška klínová	46
3.4.4	Zkouška hydrostatická (membránová).	47
3.4.5	Zkouška kalíšková (podle závodu AEG).	47
3.4.6	Zkouška hlubokým tahem a přetržením podle Engelhardta (popř. Grosse)	48
3.4.7	Zkouška kuželová Fukui-ho	49
3.4.8	Zkouška rozšiřováním otvoru podle Siebela a Pompa	49
3.4.9	Praktická technologická zkouška v lisovně	51
3.5	Směry vývoje v posuzování tvárnosti plechů	51
3.6	Přehled materiálů na plechy a pásy určené k lisování	52
3.6.1	Ocelové plechy a pásy	52
3.6.2	Plechý a pásy z těžkých neželezných kovů	52
3.6.3	Plechý a pásy z lehkých neželezných kovů	54
3.7	Literatura	55
4.	Stárnutí ocelí	56
4.1	Stárnutí ocelí při zpracování plechů lisováním (<i>Ing. Jaroslav Vrtěl, DrSc.</i>)	56
4.1.1	Příklady působící na stárnutí ocelí.	56
4.1.2	Příklady zabíhající stárnutí ocelí.	57
4.1.3	Stárnutí železa α po zakalení	58
4.2	Stárnutí ocelí po zakalení	59
4.2.1	Mechanismus stárnutí po zakalení	59
4.2.2	Kinetika precipitace při stárnutí zakaleného feritu	60
4.2.3	Vliv stárnutí po zakalení z oblasti α na vlastnosti ocelí	62
4.3	Stárnutí po plastické deformaci	64
4.3.1	Mechanismus deformačního stárnutí	65
4.3.2	Zpevnění ocelí deformačním stárnutím	66
4.3.3	Kvantitativní hodnocení sklonu ocelí k deformačnímu stárnutí	68
4.3.4	Vliv teploty stárnutí na zkřehnutí a zpevnění	69
4.3.5	Vliv doby stárnutí	70
4.3.6	Vliv stupně plastické deformace	72
4.4	Křehkost za modrého záru	73
4.5	Praskání vlivem koroze pod napětím	74
4.6	Praktické aspekty stárnutí ocelí	75
4.6.1	Chemické složení	75
4.6.2	Tepelné zpracování	76
4.6.3	Tváření za studena	76
4.7	Změny mechanických vlastností vyvolané u hlubokotahových plechů stárnutím (<i>Ing. Jaroslav Smrčka, CSc.</i>)	79
4.8	Literatura	79
5.	Základy lisování plechů (<i>Doc. Ing. Vladimír Hašek, CSc.</i>)	80
5.1	Stříhání	80
5.1.1	Průběh stříhání v lisovadlech	80
5.1.2	Střížný odpor	82
5.1.3	Střížná síla a střížná práce	88
5.1.4	Úprava střížných hran k zmenšení střížných sil	89
5.1.5	Síla potřebná k setření vystřihovaného materiálu ze střížníku a k vysunutí výstřížku ze střížnice	91

5.1.6	Vůle mezi střížníkem a střížnicí	93
5.1.7	Přesnost a jakost povrchu při stříhání	98
5.1.7.1	Jakost povrchu výstřížků a vystřihovaných otvorů při stříhání	100
5.1.8	Tolerance na zhotovení pracovních částí střížníku a střížnice	100
5.1.9	Stanovení rozměrů střížníku a střížnice	102
5.1.10	Literatura	106
5.2	Ohýbání (<i>Doc. Ing. Vladimír Hašek, CSc.</i>)	106
5.2.1	Průběh ohýbání v lisovadlech	106
5.2.2	Pružení při ohýbání	111
5.2.3	Stanovení výchozího polotovaru	112
5.2.4	Stanovení ohýbací síly a práce	113
5.2.5	Vůle mezi činnými částmi ohýbadel	115
5.2.6	Přesnost při ohýbání	117
5.2.7	Literatura	119
5.3	Rovnění výstřížků v rovnadlech (<i>Ing. Jaroslav Tměj</i>)	119
5.3.1	Stanovení rovnací síly	120
5.3.2	Literatura	122
5.4	Tažení (<i>Doc. Ing. Vladimír Hašek, CSc.</i>)	122
5.4.1	Přehled tažení v tažidlech	123
5.4.2	Koeficient a stupeň tažení	126
5.4.3	Tažení rotačních výtažků	128
5.4.4	Odstupňování tahů hlubokých válcových výtažků	130
5.4.5	Stanovení výchozího poloměru a stupňů deformace při tažení se ztenčením stěny	132
5.4.6	Tažení válcových součástí s přírubou	133
5.4.7	Postupové tažení v pásu	135
5.4.8	Tažení hranatých výtažků	139
5.4.8.1	Stanovení koeficientu tažení pro první tah	142
5.4.8.2	Několioperační tažení hranatých výtažků	145
5.4.8.3	Sestrojení přechodu při tažení symetrických hlubokých výtažků	147
5.4.9	Další způsoby tažení	148
5.4.9.1	Tažení zpětné	148
5.4.9.2	Tažení stupňovitých nádob	149
5.4.9.3	Tažení kuželovitých výtažků	150
5.4.9.4	Tažení velkých nepravidelných výtažků	151
5.4.10	Síly a práce při tažení	157
5.4.10.1	Vůle mezi tažníkem a tažnicí	165
5.4.10.2	Přesnost při tažení	167
5.4.11	Protahování	170
5.4.11.1	Rozměry otvorů a obrysy při protahování	171
5.4.11.2	Koeficienty protahování	172
5.4.11.3	Protahování s předchozím tažením	173
5.4.11.4	Protahovací mezera	174
5.4.12	Mazání při tažení	176
5.4.12.1	Tření	178
5.4.12.2	Mechanismus kluzného tření kovů	179
5.4.12.3	Maziva	181
5.4.12.4	Maziva pro tažení	184
5.4.13	Literatura	185
6.	Technologičnost výlisků (<i>Prof. Ing. Emil Škrabal</i>)	186
6.1	Technologičnost materiálu	186
6.1.1	Druh materiálu	187
6.1.2	Rozměry výchozího materiálu	188
6.2	Technologičnost konstrukce výstřížků	189
6.3	Technologičnost konstrukce ohýbaných součástí (výlisků)	196
6.4	Technologičnost konstrukce výtažků	201

7.	Přesné stříhání (<i>Ing. Jaroslav Kryštof, CSc.</i>)	208
7.1	Přistříhování	208
7.2	Stříh se zaoblenou střížnou hranou	214
7.3	Přesné stříhání s tlačnou hranou	215
7.4	Literatura	222
8.	Univerzální a skupinové nástroje (<i>Ing. Bohuslav Stejskal</i>)	224
8.1	Použití univerzálních a skupinových nástrojů	225
8.2	Rozdělení univerzálních tvářecích nástrojů	226
8.2.1	Univerzální nástroje s vyměnitelnými funkčními částmi	226
8.2.2	Univerzální nástroje přestavitelné a seřiditelné	228
8.2.3	Univerzální nástroje sestavené z normalizovaných částí	228
8.2.4	Univerzální nástroje stavebnicové	228
8.2.5	Univerzální nástroje ostatní a specializované univerzální tvářecí stroje	230
8.2.6	Univerzální nástroje pro postupné tváření v lince	233
8.3	Příklady využití univerzálních nástrojů pro standardní metody	234
8.4	Literatura	241
9.	Postupové nástroje (<i>Jiří Pachtl</i>)	242
9.1	Sdružený postupový nástroj dvouřadý	242
9.1.1	Konstrukce nástroje	243
9.2	Sdružený postupový nástroj s vystřížením pásu	247
9.3	Sdružený postupový nástroj s nastřížením pásu	249
9.4	Sdružený postupový nástroj s rozstřížením pásu	249
9.5	Sdružený postupový nástroj na výlisek s kuličkou	255
9.5.1	Konstrukce nástroje	255
9.6	Sdružený postupový čtyřřadý nástroj západkový pro výlisek čepičky	257
9.7	Sdružený postupový dvouřadý nástroj obrácený pro výlisek krytu	260
9.7.1	Konstrukce nástroje	261
9.8	Sdružený postupový nástroj se západkovým palcem pro výlisek nýtu	264
9.9	Sdružený postupový třířadý nástroj s protržením pro výlisek kapny	267
9.10	Sdružený postupový nástroj pro děrování, nástřih, ohyb	269
9.11	Sdružený postupový nástroj na výlisek s válečkem	271
9.12	Literatura	273
10.	Příklady nástrojů pro menší a středně velké výlisky	274
10.1	Konstrukce postupového stříhadla z normalizovaných součástí (<i>Oldřich Středa</i>)	274
10.1.1	Postupové stříhadlo pro stříhání s otočením pásu	276
10.1.2	Tažidlo pro tažení s koeficientem tažení $M = 0,48$	279
10.2	Konstrukce zužovacího tažidla (<i>Ing. Karel Dítěl</i>)	280
10.2.1	Konstrukce rozšiřovacího tažidla	282
10.2.2	Nástroj pro tažení polokulovitého výtažku na jednu operaci	284
10.2.3	Konstrukce nástroje pro tažení nehlubokých výtažků	285
10.2.4	Nástroje pro zpětné tažení	287
10.3	Konstrukce ohýbadla na výlisek úhelníku (<i>Karel Kunhart</i>)	289
10.4	Konstrukce vícečinných ohýbadel (<i>Ing. Karel Dítěl</i>)	290
10.5	Literatura	292

11.	Nástroje pro velké výlisky	293
11.1	Konstrukce velkých lisovadel (<i>František Sommer</i>)	293
11.1.1	Hlavní hlediska při konstrukci nástrojů	293
11.2	Rozdělení velkých lisovacích nástrojů	296
11.2.1	Tažidlo jednočinné	298
11.2.1.1	Konstrukční řešení tažidla	299
11.2.2	Tažidlo dvojčinné	300
11.2.2.1	Konstrukční řešení tažidla	305
11.2.3	Stříhadla	306
11.2.3.1	Požadavky na nástroj a jeho funkce	306
11.2.3.2	Konstrukce stříhadla	306
11.2.4	Ostřihovadlo	309
11.2.4.1	Konstrukce ostřihovacího nástroje	309
11.2.5	Děrovadlo	312
11.2.5.1	Konstrukce děrovacího nástroje	313
11.2.6	Ohýbadlo	313
11.2.6.1	Konstrukce nástroje	318
11.3	Lisovací nástroje z plastických hmot (<i>Ing. Miroslav Vaněk</i>)	319
11.3.1	Mechanické vlastnosti směsí	323
11.3.2	Postup při výrobě nástroje	326
11.3.3	Literatura	329
12.	Tažení na postupových automatech (<i>Karel Kunhart</i>)	330
12.1	Konstrukce nástrojů pro postupové automaty	331
12.2	Nástroje pro lisování víka hlavy kola	331
12.3	Literatura	344
13.	Příprava výroby středních a velkých výlisků (<i>Zdeněk Kejval</i>)	345
13.1	Rozkládací model	348
13.2	Technologie lisování	350
13.3	Výroba nástrojů	353
13.3.1	Vlastní výroba nástrojů	355
13.4	Kovové nástroje	355
13.4.1	Nástroje z neželezných kovů	357
13.4.2	Stroje pro výrobu kovových nástrojů	359
13.4.3	Nekovové nástroje	360
13.5	Moderní způsob organizace výroby nástrojů	361
13.6	Literatura	361
14.	Tváření plechů vysokou energií (<i>Doc. Ing. František Hrazdíl, CSc.</i>)	362
14.1	Technologický návrh	363
14.2	Stručný teoretický rozbor	363
14.2.1	Příklad výpočtu nálože	365
14.3	Druhy nástrojů	367
14.4	Příklady praktického použití	369
14.4.1	Tváření ve vodním prostředí	369
14.4.1.1	Tváření nosného kruhu — rozšiřování trubky	370
14.4.1.2	Tváření kuželového přechodu u předlisovaných kalíšků	371
14.4.1.3	Tváření kotlového dna a kulového vrchlíku	372

14.4.1.4	Kalibrování	373
14.4.1.5	Rozšiřování	375
14.4.2	Tváření v písku nebo zemině	376
14.4.2.1	Tváření plochého kulového vrchlíku	377
14.5	Používané výbušiny	378
14.6	Literatura	379
15.	Měření tlaků a sil (<i>Ing. Jindřich Němec</i>)	380
15.1	Měřicí metody	381
15.1.1	Základna oscilogramů	381
15.1.2	Metody měření síly	382
15.1.2.1	Snímače umístěné na rámu stroje	383
15.1.2.2	Ojnice jako siloměr	384
15.1.3	Výhody a nevýhody popsanych systémů	386
15.2	Cejchování	386
15.3	Měření siloměrem	387
15.3.1	Kapacitní siloměr	388
15.3.2	Siloměry pro velké nástroje	389
15.3.3	Měření střížných sil	390
15.3.4	Poznámky ke konstrukci siloměrů	391
15.4	Měření dráhy beranu	393
15.4.1	Oporový snímač dráhy	393
15.4.2	Kapacitní snímač dráhy	395
15.4.3	Fotoelektrický snímač dráhy	396
15.5	Literatura	397
16.	Lisy na zpracování plechu (<i>Rudolf Hýsek</i>)	398
16.1	Príslušenství a doplňková zařízení lisů na zpracování plechu	398
16.2	Mechanizační doplňky a zařízení na zpracování svitků	398
16.2.1	Zařízení pro manipulaci se svitky	399
16.2.2	Zařízení pro nesení a odvíjení svitků	399
16.2.3	Rovnačky	401
16.2.4	Zařízení pro mazání pásů	403
16.3	Zařízení pro podávání pásů plechu do pracovního prostoru (nástroje) lisu — podávače	403
16.3.1	Válečkové podávače	403
16.3.2	Kleštinové podávače	405
16.3.3	Smykové podávače	405
16.3.4	Sklíčidlové podávače	406
16.3.5	Samostatné podávací jednotky	406
16.3.6	Mechanizační a doplňková zařízení pro zpracování pásů	407
16.3.7	Mechanizační a doplňková zařízení pro zpracování tabulí a rozměrných přístřihů	409
16.3.8	Podávače pro menší přístřihy a kusové polotovary	410
16.3.8.1	Vibrační zásobníky	411
16.3.8.2	Mechanické ruky	411
16.3.8.3	Lištové podávače	411
16.4	Zařízení pro vyjímání výlisků	411
16.4.1	Přidržovače	412
16.4.2	Pružinové přidržovače	413
16.4.3	Vzduchové přidržovače	413
16.4.4	Vzduchové přidržovače s hydraulickým zadržovačem	413
16.4.5	Vysunovače (vyhazovače, vyražeče)	414
16.4.6	Odfukování výlisků	416

16.5	Zařízení k zvýšení bezpečnosti prací na lisech	416
16.5.1	Spouštěcí a ovládací zařízení	417
16.5.2	Pojistky zvyšující bezpečnost práce obsluhy	419
16.5.2.1	Pojistka proti opakovaní zdvihu	419
16.5.2.2	Ochrana bezdotykovou clonou	419
16.5.2.3	Ochranné nášlapové mosty	420
16.5.2.4	Ochranné pohyblivé kryty	421
16.5.2.5	Odtahovač a odsunovač rukou	421
16.6	Literatura	421
17.	Materiály pro lisovací nástroje (<i>Vladimír Kraus, CSc.</i>)	422
17.1	Nástrojové oceli	423
17.1.1	Přehled vlastností podle obsahu slitinových přísad	427
17.2	Konstrukční oceli	438
17.2.1	Konstrukční oceli neušlechtilé	440
17.2.2	Konstrukční oceli ušlechtilé	440
17.2.3	Oceli na odlitky	441
17.3	Litiny	441
17.4	Slinuté materiály	443
17.4.1	Slinuté kovy	443
17.4.2	Ferotie	443
17.5	Ostatní materiály používané pro výrobu lisovacích nástrojů	446
17.6	Tepelné zpracování lisovacích nástrojů	447
17.6.1	Zajištění předpokladů pro úspěšné tepelné zpracování	450
17.6.1.1	Konstrukce nástroje	450
17.6.1.2	Výběr polotovaru	450
17.6.1.3	Vybavení kalírny	451
17.6.2	Žihání	451
17.6.2.1	Normalizační žihání	452
17.6.2.2	Žihání na měkko	452
17.6.2.3	Žihání k snížení pnutí	453
17.6.3	Kalení a popouštění	454
17.6.3.1	Příprava pro kalení	454
17.6.3.2	Ohřev na kalící teplotu	455
17.6.3.3	Způsoby ochlazování	456
17.6.3.4	Popouštění	465
17.6.3.5	Zpracování na druhou tvrdost	467
17.7	Literatura	468
18.	Návrh a organizace lisoven (<i>Zdeněk Kejval</i>)	469
18.1	Technologický postup	470
18.2	Počet strojů a zařízení	473
18.2.1	Počet pracovníků	475
18.2.2	Nástroje	476
18.2.3	Materiál	477
18.3	Projekt	478
18.3.1	Tok materiálu	478
18.3.2	Prostorové uspořádání	479
18.3.3	Budovy a energetika	480
18.3.4	Kultura práce a sociální zařízení	481

18.4	Uspořádání dílen	482
18.4.1	Skladové hospodářství	482
18.4.2	Stříhárna	486
18.4.3	Vlastní lisovna	489
18.4.4	Lisovací linky (příklady)	491
18.4.5	Manipulace s nástroji	511
18.4.6	Doprava v lisovně	516
18.4.7	Zpracování odpadu	517
18.4.8	Údržba nástrojů	520
18.4.9	Pomocná oddělení	520
18.4.10	Lisovna jako celek	521
18.4.11	Kontrola	523
18.4.12	Lisovací nástroje	524
18.5	Literatura	524
19.	Čtyřjazyčný slovník základních výrazů z oboru lisování (<i>Doc. Dr. Karel Bareš, CSc.</i>)	525
20.	Přehled čs. norem z oboru lisování (<i>Doc. Ing. Vladimír Hašek, CSc.</i>)	540