

Obsah

Obsah	3
Předmluva	5
Seznam použitých symbolů	7
1 Úvod	10
1.1 Vakuová technika a manipulační systémy v praxi	13
1.2 Koncept návrhu úchopné hlavice s využitím počítačové simulace.....	15
2 Specifika automatické manipulace ve sklářském průmyslu	17
2.1 Automatická manipulace na teplém konci výrobní linky	17
2.2 Automatická manipulace na studeném konci výrobní linky.....	18
3 Dynamika manipulační úlohy	20
3.1 Dynamické zatížení manipulovaného objektu.....	20
3.2 Kmitání tenkých desek.....	23
3.2.1 Volné kmitání obdélníkové desky	26
3.2.2 Diskretizace geometrie výpočetního modelu	28
4 Podtlakové úchopné hlavice - přísavky	32
4.1 Pasivní podtlakové úchopné hlavice	32
4.2 Aktivní podtlakové úchopné hlavice	33
4.3 Silové držení objektu pomocí přísavek	34
4.4 Koeficient bezpečnosti.....	35
5 Experimentální analýza	38
5.1 Identifikace soustavy & identifikační experiment.....	38
5.2 Experimentální analýza kmitů desky.....	40
5.2.1 Klasická modální analýza.....	41
5.2.2 Operační modální analýza	42
5.2.3 Laboratorní experimentální zařízení.....	43
5.2.3.1 Řídící systém manipulátoru	44
5.2.3.2 Snímače.....	46
5.2.3.3 Zpracování měřeného signálu	48
5.3 Experimentální data	50
5.3.1 Vlastní frekvence 4-bodově uložené desky.....	50
5.3.1.1 Čtvercová deska.....	51
5.3.1.2 Obdélníková deska.....	54
5.3.2 Studie vychylek vybraných bodů desky	57

5.3.3	Deformační chování úchopného prvku – přísavky.....	61
5.4	Třecí poměry na rozhraní sklo – přísavka.....	66
5.4.1	Koeficienty tření	68
6	Numerická simulace	72
6.1	Kontaktní analýza.....	73
6.2	Rozdělení kontaktů.....	76
6.3	Matematické aspekty kontaktu.....	78
6.4	Materiálové vlastnosti.....	81
6.4.1	Sklo – objekt manipulace	81
6.4.2	Elastomer – úchopný prvek	83
6.5	Tlumení.....	89
6.6	Přibližné metody řešení dynamických úloh.....	93
6.6.1	Newmarkova metoda.....	94
6.6.1.1	Algoritmus Newmarkovy metody	96
6.6.1.2	Stabilita Newmarkovy metody.....	97
7	Prezentace výsledků numerické simulace	99
7.1	Model aktivního podtlakového úchopného prvku	100
7.1.1	Axiální zatěžování přísavky	100
7.1.2	Radiální zatěžování přísavky.....	104
7.2	Model 4-bodově centricky uchopené desky.....	106
7.2.1	Modální analýza.....	108
7.2.2	Numerická simulace dynamické manipulace	116
7.3	Model uchopené tabule jumbo formátu.....	122
7.3.1	Matematická formulace optimálního návrhu rozmístění přísavek.....	122
7.3.2	Syntéza pružného uložení přísavek.....	127
8	Výsledky, nové poznatky a praktické přínosy	133
9	Literatura	136
	Shrnutí	145
	Summary	146
	Přílohy	147
A	Modální analýza.....	148
B	Analýza vychylek	162