# Příprava tenkých vrstev pomocí ultrazvukového sprejového nanášení - [UZ]

## (Dalimil Šnita)

#### 1. Úvod

Ultrazvuková tryska pracuje se zvukovými vlnami o frekvenci vyšší než 100 kHz. Tyto zvukové vlny jsou generovány diskovými keramickými piezoelektrickými elementy, které převádějí elektrickou energii na mechanickou energii. Elektrická energie je do piezoelementů přiváděna ve formě vysokofrekvenčního elektrického signálu který je převeden na vibrační pohyb o stejné frekvenci. Tyto vibrace jsou zesíleny titanovou konstrukcí trysky tak, aby k amplitudě vibrací docházelo v místě, kde je má dojít k atomizaci kapaliny – na konci trysky. Tělo trysky je vyrobeno z titanu z důvodu jeho dobrých akustických vlastností, pevnosti a chemické odolnosti.

#### 2. Teorie

Trysky jsou konstruovány tak, aby vznikalo harmonické stojaté vlnění. Vlnová délka tohoto vlnění závisí na operační frekvenci, proto pro každá tryska má svou operační frekvenci. Obecně lze říci, že vysokofrekvenční trysky jsou menší a produkují menší kapičky než trysky operující na nižší frekvenci.

Kapalina přiváděná do trysky absorbuje část vibrační energie, čímž dojde k vzniku vln na hladině kapaliny na konci trysky. Aby došlo k atomizaci kapaliny, musí být amplituda vibrací správně nastavena. Bude-li amplituda příliš nízká, nižší než tzv. kritická amplituda, nedojde k odtržení kapek z povrchu trysky. Bude-li naopak příliš velká, dojde "roztrhání " vrstvy kapaliny a vzniknou nedefinované "kusy" kapaliny. Ke vzniku malých definovaných kapiček dochází pouze v určitém rozsahu amplitud vibrací.

Lze říci, že kapičky vznikající ultrazvukovou atomizací mají poměrně úzkou distribuci velikostí. Medián velikosti kapiček se pohybuje mezi 18-68 mikrometry.



**Obr. 1**: Princip ultrazvukové trysky

# 3. Cíl práce

- 1. Seznamte se s přístrojem Sonotek ExactaCoat.
- 2. Naplňte přístroj nanášeným materiálem a najděte vhodný provozní výkon.
- 3. Na mikroskopické sklíčko naneste tenkou vrstvu fotocitlivého materiálu.
- 4. Pomocí analytických vah zjistěte množství naneseného fotorezistu.
- 5. Opakujte body 4 a 5 třikrát (tři sklíčka, tři vzorky) pro různá nastavení zařízení podle pokynů asistenta
- 6. Srovnejte subjektivně a objektivně jednotlivé vzorky.

#### 4. Popis zařízení

Zařízení se skládá z pracovního stolu, nad kterým se pohybuje rozprašovací tryska (Obr. 2). Okolo trysky je přiváděn tlakový vzduch, který tvaruje vznikající mlhu kapiček. Tlakový vzduch je regulován pomocí vstupního redukčního ventilu a dále pomocí ventilu umístěného ve skříni přístroje (NZL GAS) (Obr. 5a/b). Rozprašovaná kapalina je přiváděna lineárním dávkovačem (Obr. 3), který je ovládán přes software v PC. Injekční stříkačka je spojena se zásobním rezervoárem pomocí trojcestného kohoutu (Obr. 4b). Samotný přístroj je před použitím nutné zapojit do zásuvky a poté zapnout otočným spínačem na levé boční straně skříně.



Obr. 2: Pracovní stůl



**Obr. 3**: Lineární dávkovač



a)

Obr. 4: a) Spínač zařízení; b) Trojcestný kohout



Obr. 5: Regulace tlaku vzduchu

## 5. Postup práce

 Zapněte přívod tlakového vzduchu otočením kohoutu na zdi, nastavte tlak mezi 30 a 50 psi. Zapojte oba kabely od přístroje do zásuvky a zapněte přístroj (Obr.5).V ovládacím software (heslo: sonotek) přejděte na Manual IO>Digital Outputs, nastavte Updates On příslušným tlačítkem a otevřete solenoidový ventil uzavírající ultrazvukovou trysku (Isolation Valve 1) tlačítkem Set Output (Obr.6)

System Teach	Device Process Builder Manual IC	D Resources Login Logout Daily Logs	
((!))	ALARMS Wet/Dry Run WET Process	Abort Home System Linke	ed SOFT
Log Comment			E-STOP
Manual IO			
Digital Inputs Digi	tal Outputs Analog Inputs Analog Outputs T	1 Pump MicroFlow Pump	
Output No	Output Name State	,	
DIO 11	Audible Alarm		
DIO 16	*Auto Mode Door Override*		
DIO 17	Laser Pointer		
DIO 18	Atomizing Air Valve 1		
DIO 19	(NC) Atomizing Air Valve 2		
DIO 20	Isolation Valve 1	-	
DIO 21	(NC) Isolation Valve 2		
DIO 22	Pump Trigger 1		
DIO 23	(NC) Pump Trigger 2		
DIO 24	Initialize		
DIO 25	E-Stop Out		
DIO 26	Ultrasonic Trigger 1		
DIO 27	(NC) Ultrasonic Trigger 2		
DIO 28	Alarm Out		
DIO 29	(NC) Light Tower Green		
DIO 30	(NC) Light Tower Yellow		
DIO 31	(NC) Light Tower Red		
DIO 32	(NC) Atomizing Air Valve 3		
DIO 33	(NC) Isolation Valve 3		
DIO 34	(NC) Pump Trigger 3		
DIO 35	(NC) Ultrasonic Trigger 3		
DIO 42	(NC) Sonic Syringe 1		
DIO 43	(NC) Sonic Syringe 2		
	Set Output Output		
Updates On Press to Tum Off	Purge On Purg	ie Off	× Close

**Obr. 6**: Otevření solenoidového ventilu (Isolation Valve1)

- Vyjměte injekční stříkačku z dávkovače a pomalým tahem odsajte rozpouštědlo z přívodní hadice a trysky. V případě potřeby vypouštějte rozpouštědlo do rezervoáru otočením trojcestného kohoutu.
- 3. Vyprázdněte rezervoár a naplňte ho materiálem, který obdržíte od asistenta. S využitím trojcestného kohoutu naplňte systém tímto materiálem tak, aby se v přívodních hadicích nenacházely bubliny.
- 4. Uzavřete solenoidový ventil tlačítkem Clear Output.
- 5. Přejděte na záložku Analog Outputs. Zde nastavte průtok 1 ml/min a výkon trysky 0,3 W. Stiskněte Purge On. Přesvědčte se, že dochází k rozprašování materiálu. Pokud tomu tak není, zvyšte výkon a toto opakujte, dokud nenaleznete kritický výkon. Váš provozní výkon získáte tak, že ke kritickému výkonu přičtete 0,5 W. Tento výkon si poznamenejte.

#### Laboratoř přípravy nano a mikromateriálů

Code												
#	Command	Detail		Start Position	Speed	Spacing	Head Sequ	lence				
	Set AO	Set: AO 00, Nozzle Power 1	To 2.50 w									
2	Set AU	Z Officet: 0 pm	10 1.50 mi/min	41 CD 40 E4 70 C	E0		1 Spray On 1 sec. Off 0 sec					
4	Set 40	Set AO Set: AO 00 Nozzle Power 1 To 1.65 w		41.03,40.34,70.0 mm	SU MIN/ SEC		r, opray on race on oace					
5	Set AO	Set: AO 01 TI Pump	To 0.40 ml/min			-						
6	Loop	Loop Start Name:   Count: 3										
7	Line			279.33, 191.76, -78.37 mm	50.00 mm/sec		1. Spray	On: 0.04 sec	Off: 5.00 m	m		
8		and the second sec										
	Loop	Loop End Name: I										
9	Move	Loop End Name: I	_	42.00,60,18,-58.04 mm	50.00 mm/sec							

Obr. 7: Vytváření procedury

- 6. Zavřete záložku Manual IO modrým tlačítkem Close a přejděte do záložky Process Builder (Obr. 7):. Umístěte mikroskopické sklíčko na pracovní stůl a podložte jej čistým ubrouskem. Poté v programu nastavte proceduru dle zadání pro posuv trysky použijte ovladač (Obr. 8). Vzdálenost trysky od povrchu sklíčka by měla být 3 až 4 cm. Pozn. Ujistěte se, že tlačítko Teach device v ovládacím programu není podbarvené žlutě.
- 7. Před a po každém nanášením zvažte sklíčko na vahách. Sklíčko s nanesenou vrstvou materiálu vložte do sušárny. Sklíčka si označte lihovým fixem.



Obr. 8: Ovladač (Teach device)

- 8. Navržený program si uložte pod svým jménem, stiskněte tlačítko Download pro nahrání procedury do přístroje. V záhlaví programu si zkontrolujte, že aktivní proces (Active process) je právě ten váš. Tlačítkem Wet/Dry si můžete zvolit, zda se bude sprejovat materiálem nebo nanečisto. Tlačítkem Run Active Process spusťte vaši proceduru. Jednotlivé kroky procedury můžete vyzkoušet tlačítkem Run Other > Selected items.
- 9. Po skončení práce odsajte materiál z přívodních hadic do rezervoáru a pak je přelijte zpět do zásobní lahvičky. Stříkačku naplňte rozpouštědlem a propláchněte celý přívodní systém. Stříkačku uložte zpět do dávkovače a isopropylalkoholem utřete pracovní stůl. Sejměte nástavec pro přívod tlakového vzduchu a důkladně je vyčistěte a vraťte zpět.

ystem	Teach	Device Process	s Builder Ma	nual IO Res	ources	Login L	ogout Daily	y Logs		
n n n n n n n n n n n n n n n n n n n	((!))		et/Dry F VET Pro	Run A pcess Pr	Noort ocess	Home		Roset System	Linked	SOFT E-STOP
Manual IO										
Digital In	puts Digi	tal Outputs Analog I	Inputs Analog Ou	tputs TI Pump	MicroFlow F	oump		_		
	Output	Description				Output	Calibration	Calibration		
•	AO 00	Nozzle Power 1				0.00 volts	0.00 watte	Cambriddon		
	AO 01	TI Pump				0.00 volts	0.00 mVmin			
	AO 02	(NC) Nozzle Power	r 2			0.00 volts	0.00 watts			
	AO 03	(NC) TI Pump 2				0.25 volts	0.13 ml/min			
Gener	Nozzle Po 0 * ator 1 On np 1 On	ower 1 1 2 V V I I I Generator 1 Off Pump 1 Off	0.00 3 7	ats 4 ⊽ ⊨ i I	5 5.5 Gen	erator 2 On Imp 2 On	Set Output Auto Set Cenerator 2 Of Pump 2 Off	T.		
Upda Press to	atca On		Purge On	Purge Off						X Cose

Obr. 9: Nastavení provozních parametrů

#### 6. Zpracování výsledků

Data zpracujte do tabulky, ve které uveďte u každého vzorku parametry nanášení (výkon, průtok, počet vrstev, atp.), hmotnost čistého sklíčka, hmotnost sklíčka s materiálem, hmotnost materiálu, hmotnost sklíčka s usušeným materiálem a hmotnost usušeného materiálu.

# 7. Bezpečnostní pokyny

Používejte ochranný oděv a rukavice. V žádném případě nedemontujte trysku z polohovacího stolu.

#### 8. Kontrolní otázky

- 1. Na jakém principu funguje metoda nanášení, kterou budete používat?
- 2. Na jakých frekvencích zvuku pracuje ultrazvuková tryska?
- 3. Je konstrukce trysky závislá na požadované frekvenci zvuku?
- 4. Je množné pro nanášení zvolit libovolnou amplitudu vibrací (výkon)?
- 5. Jakým způsobem naplníte přívodní systém požadovaným materiálem?
- 6. Řádově jaký rozměr mají vznikající kapičky?
- 7. Jaký je postup pro uvedením přístroje do chodu?
- 8. Jak zjistíte kritický výkon?
- 9. Jakým způsobem určíte hmotnost naneseného materiálu?
- 10. Jaká by měla být vzdálenost trysky od povrchu, na který budete nanášet materiál?