

---

Dejan Petrović

## Uticaj pH i masenog udela (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, HCOOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i ZnSO<sub>4</sub> na vreme očvršćavanja urea-formaldehidnih smola

---

*Ispitivano je vreme očvršćavanja urea-formaldehidnih smola u zavisnosti od pH vrednosti i masenog udela sledećih katalizatora: amonijumsulfata, cinkhlorida, mravlje kiseline, sumporne kiseline i cinksulfata. Kako je najkraće vreme očvršćavanja dobijeno pri masenom udelu do 5%, svi ispitivani katalizatori pogodni su za primenu u industriji. Najefikasniji katalizator je sumporna kiselina, dok su nešto slabiji amonijumsulfat i cinkhlorid. Zavisnost vremena očvršćavanja smole od pH vrednosti sredine nije zapažena.*

---

### Uvod

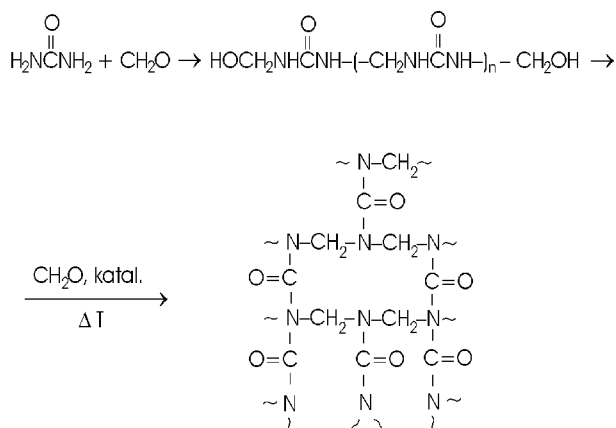
U industriji papira, staklenih i mineralnih vlakana, ploča iverica, koriste se tri osnovne vrste vezujućih smola: urea-formaldehidne, fenol-formaldehidne i karbamidno-melaminske-formaldehidne. Najširu primenu imaju urea-formaldehidne smole jer su najjeftinije i dobro su vezujuće sredstvo (Kostić 1980; Marković 1980).

Reakcijom karbamida sa formaldehidom pri pH 7–8 odigrava se polimerizacija i tom prilikom nastaju smole malih relativnih molekulskih masa. Molekuli formaldehida povezuju molekule karbamida. Pri povišenim temperaturama nastavlja se polimerizacija i dolazi do unakrsnih povezivanja i stvaranja metilenskih mostova. Od tečne smole nastaje čvrsti produkt – slika 1 (Pine *et al.* 1984; Nejland 1990).

Važnu ulogu u završnom delu reakcije ima katalizator. Količina katalizatora koja se dodaje reakcionoj smeši kreće se od 0–10 %. Za svaki katalizator postoji optimalna količina posle čijeg se daljeg dodavanja vreme očvršćavanja više ne smanjuje (ili smanjuje vrlo malo). Povećanjem količine katalizatora znatno se pogoršavaju kvalitet i fizičke osobine smole (Marković 1980; Janc *et al.* 1981).

---

*Dejan Petrović  
(1980), Rača, Đure  
Jakšića 10/6, učenik  
2. razreda  
Elektrotehničke škole  
u Rači*



Slika 1.  
Polimerizacija  
urea-formaldehidne  
smole.

Figure 1.  
Polymerisation of  
urea-formaldehyde  
resin.

## Metod

Za ispitivanja je korišćena urea-formaldehidna smola proizvedena u Hemijskoj industriji HINS u Novom Sadu. Katalizatori nisu korišćeni u čvrstom stanju (zbog heterogenosti sistema koji nastaje), već u obliku rastvora. Zbog različite rastvorljivosti koncentracije rastvora katalizatora treba da su od 20 do 30 procenata. Da bi se olakšao rad napravljeni su 23.5%-tni rastvori  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i 11.75%-tni rastvor  $\text{ZnSO}_4$  zbog njegove slabije rastvorljivosti. Najpre je izmereno vreme očvršćavanja smole bez uticaja katalizatora. Katalizatori su dodavani u koracima od 0.25% masenog udela, sve dok vreme očvršćavanja smola nije postali približno isto. (Uzorcima smola ( $8 \text{ cm}^3$ ) dodavano je po  $0.1 \text{ cm}^3$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i  $0.2 \text{ cm}^3$   $\text{ZnSO}_4$ , odnosno 0.25% masenog udela katalizatora u odnosu na smolu. Očvršćavanje smola izvođeno je u vodenom kupatilu na  $100^\circ\text{C}$ .

## Rezultati i diskusija

Osobine svih ispitivanih katalizatora zadovoljavaju uslove za korišćenje u industriji, pošto je najkraće vreme očvršćavanja dobijeno pri masenom udelu ispod 5% (tabela 1). *Sumporna kiselina* se pokazala kao najefikasniji katalizator od ispitanih. Za nju je najkraće vreme očvršćavanja postignuto pri malim masenim udelima od 0.75–2%. Pri tome je pH bio od 1.5–1 (tabela 2). Mali maseni udeo odgovara kvalitetu smole pa je pri polimerizaciji preporučljivo korišćenje  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kao katalizatora.

*Amonijumsulfat* se isto pokazao kao veoma efikasan katalizator. Najkraće vreme očvršćavanja postignuto je pri masenom udelu od 2% i pH = 5. Pošto je 2% mali maseni udeo, to znači da se  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  može koristiti u industriji i da ne remeti kvalitet i fizičke osobine smole.

*Cinklorid* ima sličnu efikasnost kao  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Najkraće vreme očvršćavanja posrignuto je pri masenom udelu od 1.75% i pH = 5.5. Takođe je moguća primena u industriji.

Sa *mravljom kiselinom* najkraće vreme očvršćavanja postignuto je pri masenom udelu od 2.5% i pH = 2. Zbog nešto dužeg vremena očvršćavanja (tabela 1) nije povoljna za korišćenje pri polimerizaciji smola.

*Cinksulfat* ima katalitičko dejstvo, ali pošto je njegova koncentracija bila duplo manja od ostalih, moguće je da je zbog veće količine  $\text{H}_2\text{O}$  polimerizacija tekla sporije. Najkraće vreme očvršćavanja postignuto je pri masenom udelu od 5%, što jedino odskake od ostalih vrednosti.

Zajedničko za većinu katalizatora je da je najkraće vreme očvršćavanja postignuto pri masenim udelima od oko 2%. Neka značajna zavisnost vremena očvršćavanja smole od pH sredine nije zapažena.

Tabela 1. Zavisnost vremena očvršćavanja smola od masenog udela katalizatora

w (%)	Vreme očvršćavanja (mm:ss)				
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{ZnCl}_2$	$\text{HCOOH}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{ZnSO}_4$
0	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.	60 m.
0.25	18m. 10s.	12m. 10s.	14m. 12s.	11m. 33s.	23m. 10s.
0.5	5m. 51s.	4m. 30s.	7m. 49s.	1m. 30s.	17m. 30s.
0.75	3m. 7s.	3m. 15s.	6m. 20s.	0m. 56s.	16m. 43s.
1	2m. 10s.	2m. 20s.	5m. 21s.	0m. 44s.	15m. 17s.
1.25	1m. 54s.	1m. 55s.	3m. 10s.	0m. 39s.	15m. 25s.
1.5	1m. 26s.	1m. 39s.	2m. 41s.	0m. 30s.	15m. 15s.
1.75	1m. 4s.	1m. 30s.	2m. 33s.	0m. 20s.	13m. 00s.
2	0m. 55s.	1m. 31s.	2m. 20s.	0m. 10s.	11m. 00s.
2.25	0m. 52s.	1m. 28s.	2m. 15s.	0m. 0s.	8m. 30s.
2.5	0m. 53s.	1m. 29s.	1m. 50s.	0m. 0s.	6m. 36s.
2.75	0m. 52s.	1m. 27s.	1m. 45s.	0m. 0s.	5m. 30s.
3	0m. 53s.	1m. 27s.	1m. 47s.	0m. 0s.	4m. 60s.
3.25	0m. 52s.	1m. 27s.	1m. 46s.	0m. 0s.	4m. 05s.
3.5	0m. 53s.	1m. 26s.	1m. 45s.	0m. 0s.	3m. 33s.
3.75	0m. 52s.	1m. 26s.	1m. 44s.	0m. 0s.	2m. 56s.
4	0m. 52s.	1m. 25s.	1m. 43s.	0m. 0s.	2m. 45s.
4.25	0m. 51s.	1m. 25s.	1m. 43s.	0m. 0s.	2m. 25s.
4.5	0m. 51s.	1m. 25s.	1m. 42s.	0m. 0s.	2m. 10s.
4.75	0m. 52s.	1m. 26s.	1m. 42s.	0m. 0s.	2m. 00s.
5	0m. 51s.	1m. 26s.	1m. 41s.	0m. 0s.	1m. 56s.

w – maseni udeo katalizatora (%)

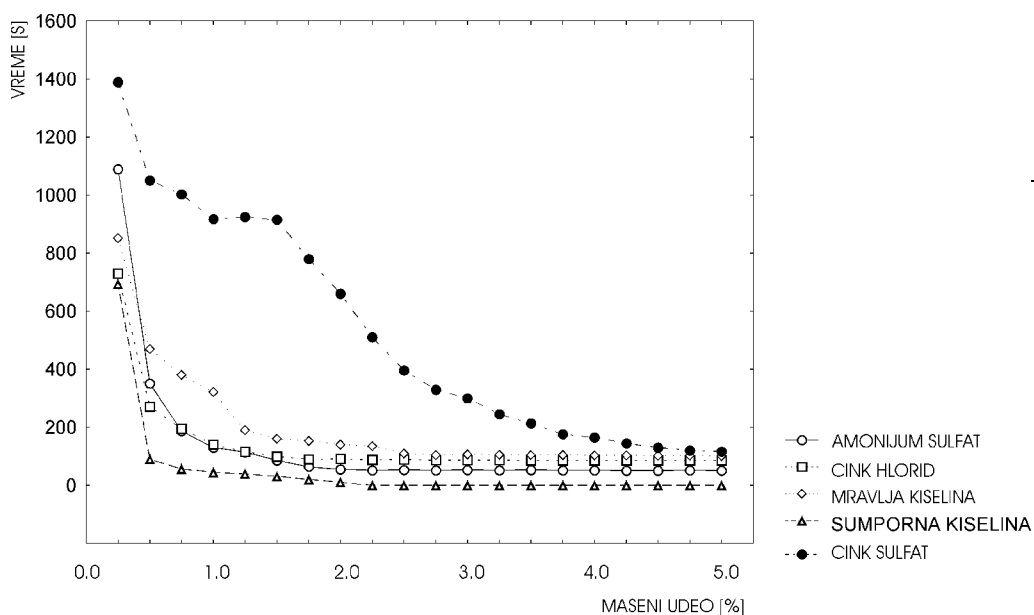


Tabela 2. Zavisnost pH od masenog udela katalizatora

w (%)	pH vrednost				
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ZnCl <sub>2</sub>	HCOOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub>
0	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
0.25	6.5	7	5.5	4.5	7
0.50	6	6.5	5	3	6.5
0.75	6	6	4.5	2	6.5
1	6	6	4	1.5	6.5
1.25	5.5	6	3.5	1.5	6.5
1.50	5.5	5.5	3	1.5	6.5
1.75	5.5	5.5	2.5	1.5	6.5
2	5	5.5	2.5	1	6
2.25	5	5.5	2	1	6
2.50	5	5.5	2	1	6
2.75	4.5	5.5	2	1	6
3	4.5	5	2	1	5.5
3.25	4.5	5	2	1	5.5
3.50	4.5	5	2	1	5.5
3.75	4.5	5	2	1	5.5
4	4.5	5	2	1	5.5
4.25	4.5	5	2	1	5.5
4.50	4.5	5	2	1	5.5
4.75	4.5	5	2	1	5.5
5	4.5	5	2	1	5.5

## Literatura

- Pine, S.Hendrickson, J.Cram, D.Hammond, G. 1984. *Organska kemija*. Zagreb: Školska knjiga
- Nejland, O. Ya. 1990. *Organicheskaya khimiya*. Moskva: Vyshaya shkola
- Dipl. ing. Kostić, V. Dr. Kostić, L.J. 1980. *Hemijsko tehnoški leksikon*. Beograd: Rad.
- Marković, N. 1980. *Ploče, elementi i proizvodi na bazi isitnjenog drveta*, II deo. Beograd: Skriptarnica Šumarskog fakulteta.
- Janc, A., Šebenik, A., Osredkar., V., Vizovišek, I. 1981. Uticaj molskog udela na strukturu urea-formaldehidnih smola. *Hemijski preglad*,

---

*Dejan Petrović*

### Dependence of pH and Mass-percentage of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $\text{ZnCl}_2$ , $\text{HCOOH}$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ and $\text{ZnSO}_4$ to Solidification of Urea-formaldehyde Resin.

The effect of pH value and mass percentage of catalysts: ammonium-sulphate, zincchloride, formic acid, sulphuric acid and zinksulphate on the time of solidification of urea-formaldehyde resin was examined. The most effective catalyst was  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , with mass percentage 0.75–2% and pH 1.5––1. Somewhat less effective were  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (mass percentage is 2% and pH is 5), and  $\text{ZnCl}_2$ . (1.75% and 5.5). The shortest time of solidification was reached when the mass percentage of catalysts was less then 2% for all catalysts were studied. Therefore, they are suitable for use in the industry. No significant effect of pH value to solidification was observed.

