

STUDIES OF RHEOLOGICAL PROPERTIES
OF MELAMINE-UREA-FORMALDEHYDE ADHESIVE RESINS
APPLIED IN WOOD BASED MATERIALS

by Mariusz Jóźwiak¹⁾, and Stanisław Proszek^{1,2)}

¹⁾Department of Glues and Gluing, Institute of Wood Technology in Poznań

²⁾Department of Gluing and Finishing of Wood, A. Cieszkowski Agricultural University of Poznań

MUF adhesive resins were condensed in laboratory scale. In forms of modified of resin was used oxygenated potato starch. The rheological properties was determinated with the use of rotary rheoviscoimeter equipped with system of axial cylinders. Test were carried out in the range from 1.5 up to 1312 s⁻¹, and temperatures 15-40°C.

Key words: MUF resin, rheological property, Ostwald de Waele's model, viscous flowing

INTRODUCTION

Important meaning for industrial practice have the investigations carried out in the range of phenomenological rheology. They are based on analytical determination of parameters of selected rheological models and preparing on this base its characteristics (Kembłowski 1973).

In rheological experiments were among the others used to describe of filled glue mixtures from amino adhesive resins applied in furniture and plywood production (Gos and Zawiśliński 1986, Proszek and Olszewski 1987, Proszek 1993).

In this paper are presented results of investigations on effect of modification with polysacharides of melamine-urea-formaldehyde adhesive resin (MUF) upon the course of rheological properties in function of changes of temperature in the range 15-40°C.

EXPERIMENTS

For the tests MUF resin was condensed in laboratory scale, in three stage at molar ratio M:U:F as 3.9:1.0 :1.0. In form of modifier of resin was applied oxygenated potato starch, which was added in course of process of the condensation resin in quantity 0.8 % in respect to the mass of substracts (Jóžwiak 1998). Selected properties of the obtained polycondensates are presented in the Table 1. The rheological properties are determined with the use of rotary rheoviscorometer Rheotest-2 type RV2 equipped with system of coaxial cylinders. Tests were carried out in the range of shear rates from 1.5 up to 1312 s^{-1} , in the range of temperatures 15-40°C with step every 5°C.

Table 1
Tabela 1

Selected properties of MUF resins Wybrane właściwości żywic MUF

Properties of resin Właściwości żywic	Unit Jednostka	Type of resin Rodzaj żywicy	
		Unmodified Niemodyfikowana	Modified Modyfikowana
Density Gęstość	g/cm ³	1.291	1.294
Dynamic viscosity Lepkość dynamiczna	mPa s	340	1020
Solid content Zawartość suchej masy	%	62.0	62.0
pH	-	8.9	9.0
Gelation time in 100°C Czas żelowania w 100°C	s	82	85
Miscibility with water Mieszalność z wodą	-	2.0	1.5

RESULTS

On the base of made measurements it was stated, that in isothermal conditions the tested resins were characterized rheological stability, that is independently to the shearing time immediately forms relation between shearing rate and shear stress. On the Fig.1 are presented changes of shear stress in dependence upon shearing rate and measurement temperature. On the base of preliminary analysis of rheological curves in system shear stress-shearing rates, it was found that apparent viscosity of tested resins decreases together with increase of shearing rate, what allows to qualify tested polycondensates to the group of non-newtonian liquids, thinned by shearing.

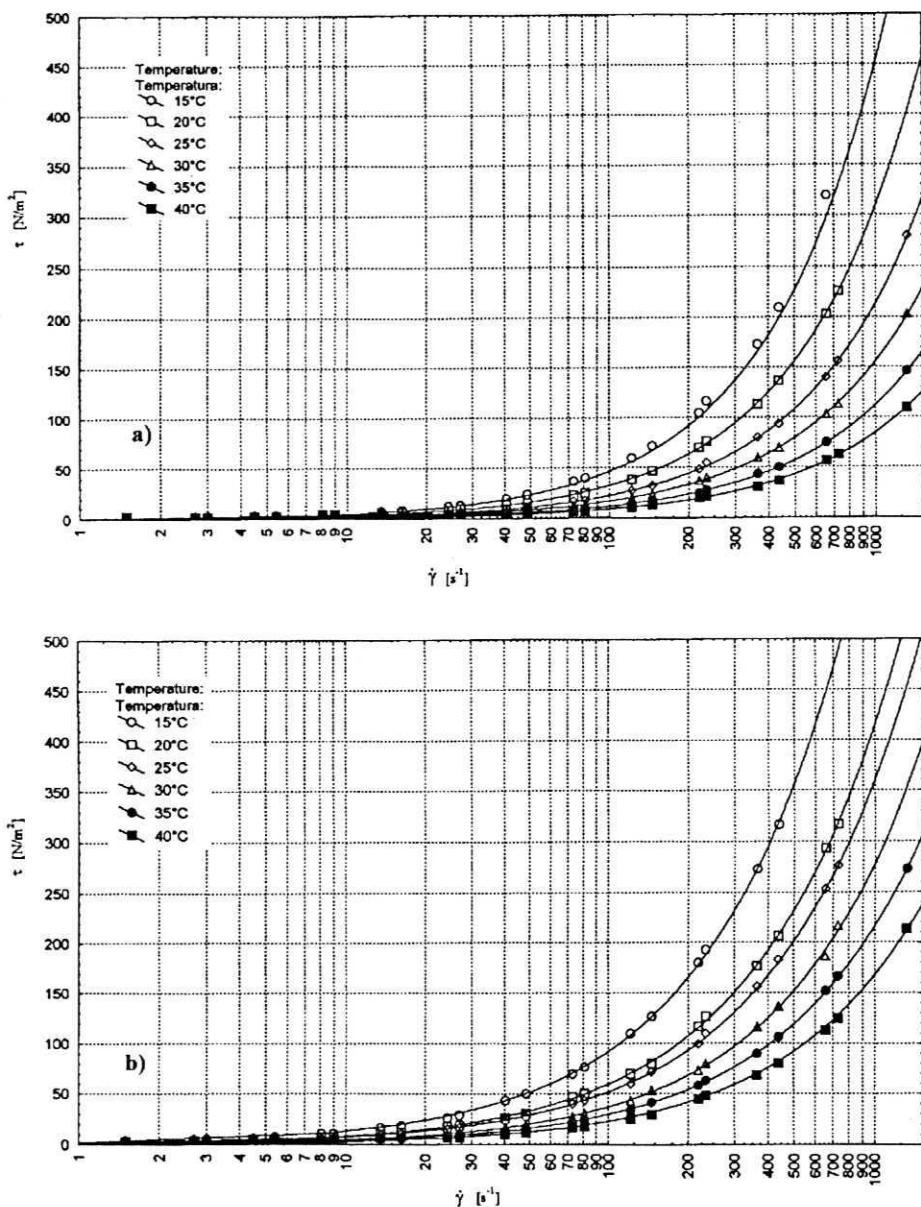


Fig. 1. The course of shear stresses (τ) in relation of shearing rates ($\dot{\gamma}$) and measurement temperature for MUF resins: a) unmodified, b) modified

Rys. 1. Kształtowanie się naprężen stycznych (τ) w funkcji prędkości ścinania ($\dot{\gamma}$) i temperatury pomiaru dla żywicy MUF: a) niemodyfikowanej, b) modyfikowanej

The best approximation of experimental data in the range of description of flow curves was obtained for rheological model of Ostwald de Waele, described by equation: $\tau = k(\dot{\gamma})^n$, where: τ - shearing stress, k - coefficient of consistence, $\dot{\gamma}$ - shear rate, n - exponent. Coefficients of correlation (r^2) for considered model were in the range 0.998-0.999.

The changes of rheological parameters of considered model in dependence upon measurement temperature are presented in Table 2.

Table 2
Tabela 2

The course of rheological parameters in Ostwald de Waele's model at various measurement temperatures

Kształtowanie się parametrów reologicznych żywic MUF dla modelu Ostwalda de Waele w różnych temperaturach pomiaru

Type of resin Typ żywicy	Temperature Temperatura [°C]	Parameters of rheological model Parametry modelu reologicznego	
		k [Pa s]	n [-]
Unmodified Niemodyfikowana	15	0.490	0.988
	20	0.352	0.981
	25	0.247	0.979
	30	0.201	0.963
	35	0.138	0.970
	40	0.103	0.972
Modified Modyfikowana	15	1.939	0.839
	20	1.239	0.842
	25	1.083	0.841
	30	0.670	0.873
	35	0.566	0.861
	40	0.430	0.864

When analysing obtained results it can be stated, that modified MUF polycondensates shown in relative system lower values of exponents, certifying the greater deviation from newtonian character of tested resins. Above dependencies in relation $\eta' = f(\dot{\gamma}, T)$, approximated with the method of least squares are presented on Fig.2.

In the tested temperature, range dependence of $\ln(\eta) = f(1/T)$ has the linear course on which slightly influences used shearing stress ($r^2 = 0.914-0.998$), what allows to the graphic estimation of apparent activation energy of viscous flowing (E_η). The manner of estimation of E_η is illustrated on Fig.3 and results in Table 3. The values of E_η determined at various shearing rates are in the range 30.2-51.6 kJ/mole for unmodified resin, and 31.2-41.1 kJ/mole for modified polycondensate.

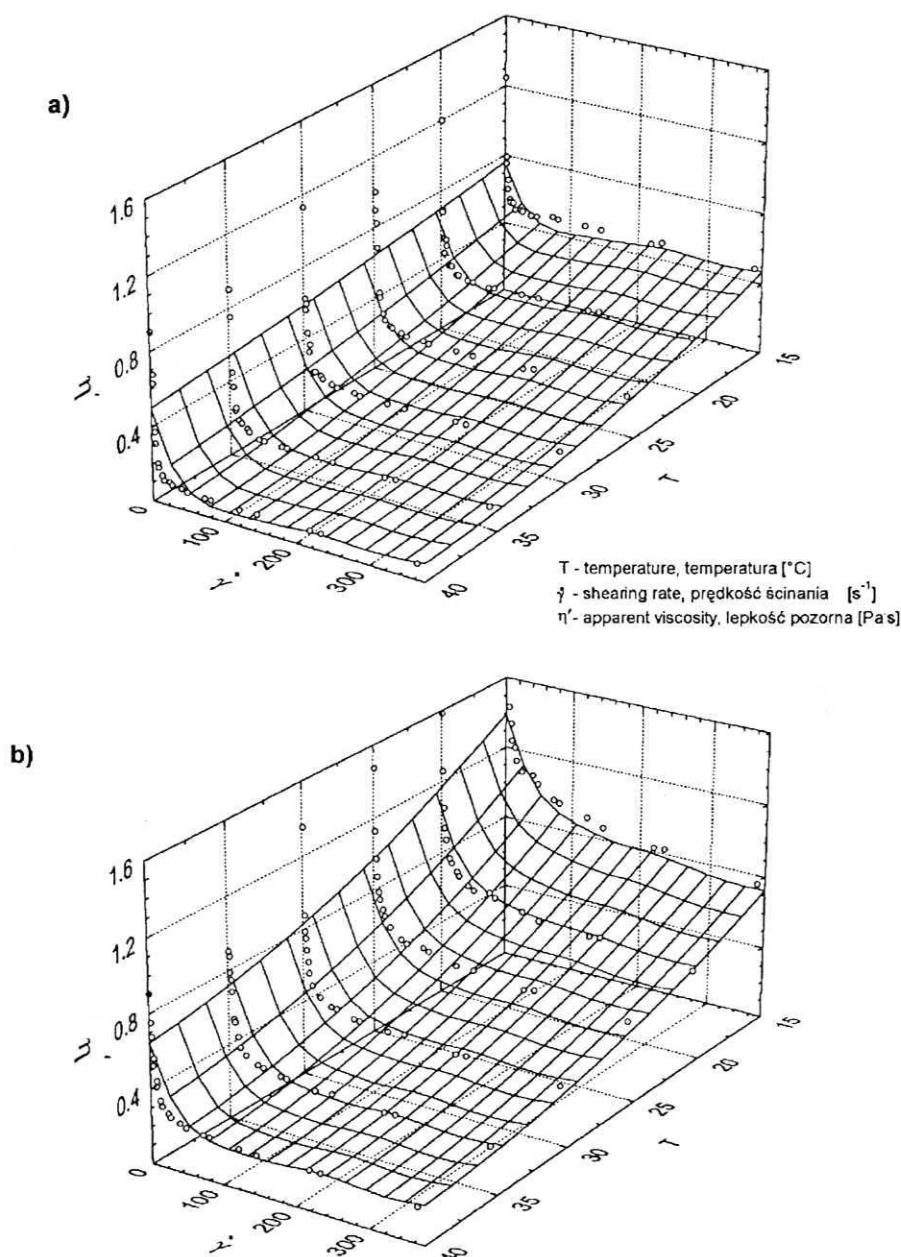


Fig. 2. The course of apparent viscosity (η') in relation of shearing rates ($\dot{\gamma}$) and temperature of measurement for MUF resins: a) unmodified, b) modified

Rys. 2. Kształtowanie się lepkości pozornej (η') w funkcji prędkości ścinania ($\dot{\gamma}$) i temperatury pomiaru dla żywicy MUF: a) niemodyfikowanej, b) modyfikowanej

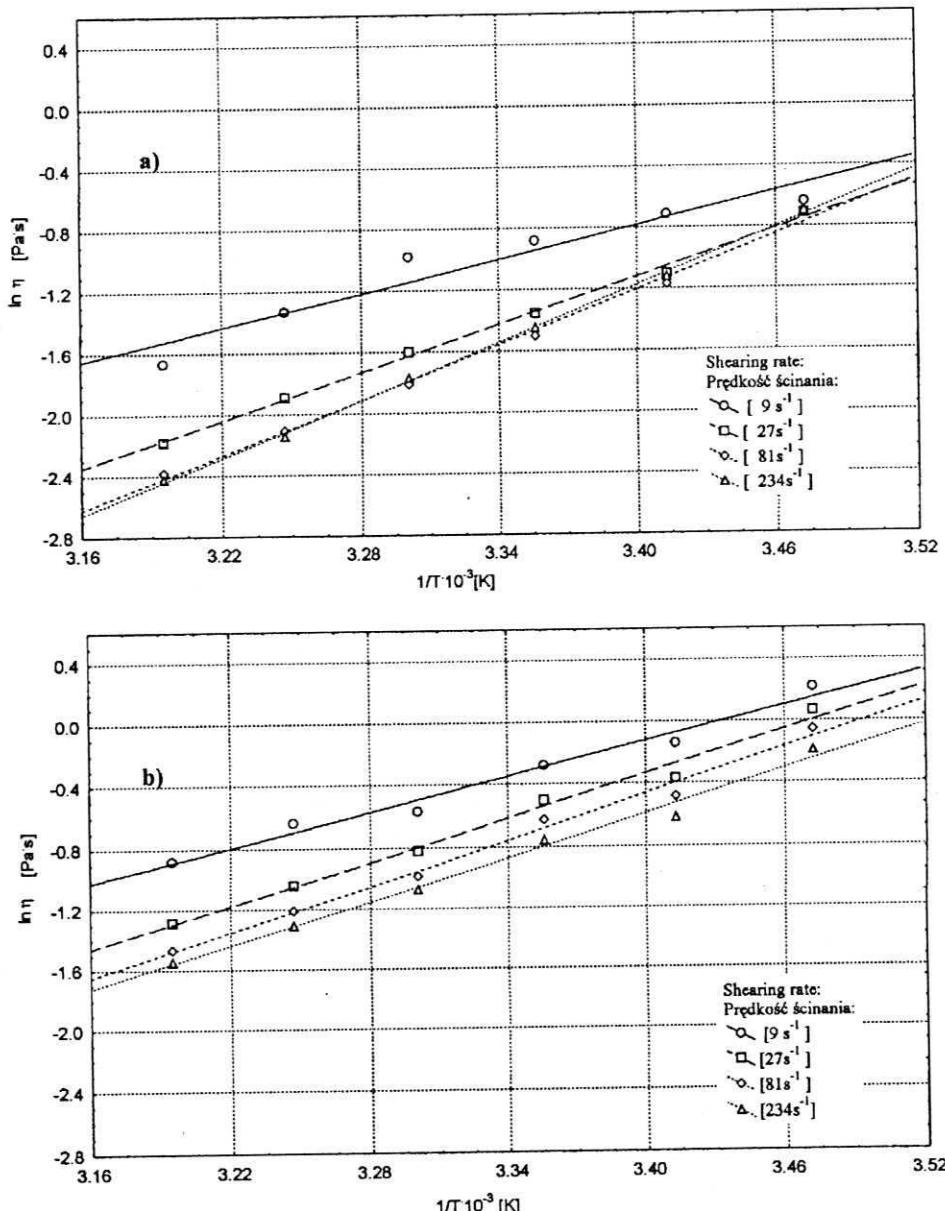


Fig. 3. Graphical estimation of apparent activation energy of viscous flow of resins (E_η) at selected shearing rates ($\dot{\gamma}$) for MUF resins: a) unmodified, b) modified
Rys. 3. Graficzne wyznaczenie energii aktywacji lepkiego plynienia (E_η) przy wybranych prędkościach ścinania ($\dot{\gamma}$) dla żywicy MUF: a) niemodyfikowanej, b) modyfikowanej

Table 3
Tabela 3

The course of apparent activation energy of viscous flowing (E_η) at various shear rate
Kształtowanie się pozornej energii aktywacji lepkiego płynięcia (E_η)
dla różnych prędkości ścinania

Type of resin Typ żywicy	Shear rate Prędkość ścinania [s ⁻¹]	E_η [kJ/mole]	r^2 [-]
Unmodified Niemodyfikowana	9	32.2	0.914
	27	42.6	0.997
	81	49.3	0.995
	234	51.6	0.998
Modified Modyfikowana	9	31.2	0.976
	27	39.0	0.998
	81	41.1	0.990
	234	39.3	0.990

Slightly higher activation energy for viscous flowing for unmodified systems can be explained by relatively higher change of viscosity of those resins in function measurement temperature (Proszyk 1993). Obtained for the tested MUF resins values of E_η are close with obtained by other authors for UF resins (e.g. Proszyk 1993, Proszyk and Sołomiewicz 1994).

RECAPITULATION

The MUF adhesive resins are showing features of non-newtonian rheostable liquid thinned by shearing, which described Ostwald de Waele's model. Modification of MUF resin with the use of polysacharides influences lowering of values of exponent in Ostwald de Waele's model.

Received in March 2000

REFERENCES

- Gos B., Zawiślański J. (1986): Wpływ różnych dodatków na właściwości reologiczne wybranych żywic klejowych. Materiały z II Sympozjum Reologia Drewna i Konstrukcji Drewnianych. Rydzyna: 172-181.
 Jóźwiak M. (1998): Badania nad otrzymywaniem i właściwościami klejowych żywic melaminowo-mocznikowo-formaldehydowych do produkcji sklejki wodoodpornej (maszynopis rozprawy doktorskiej w Bibliotece Głównej AR w Poznaniu).

- Kembłowski Z. (1973): Reologia płynów nielinearnowskich. WNT Warszawa.
- Proszek S. (1993): Badania nad wypełnianiem klejów mocznikowo formaldehydowych stosowanych w drzewnictwie. Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe 235 ss. 85.
- Proszek S., Olszewski J. (1987): Badanie właściwości wypełnionych klejów mocznikowych w podwyższonej temperaturze. Zbornik referátov. VIII Sympozium pokroky vo výrobe a použíti lepidiel v drevopriemysle. Zvolen: 249-265.
- Proszek S., Solomiewicz R. (1994): Z badań nad właściwościami reologicznymi klejowych żywic mocznikowych stosowanych w drzewnictwie. Mat. Jubil. Zjazdu Naukowego PTChem –SITPCHEM. S-9 Chemia Polimerów. Warszawa: P-36.

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNYCH KLEJOWYCH ŻYWIC MELAMINOWO-MOCZNIKOWO-FORMALDEHYDOWYCH STOSOWANYCH W PRODUKCJI TWORZYW DRZEWNYCH

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań nad wpływem modyfikacji polisacharydami żywicy melaminowo-mocznikowo-formaldehydowej [MUF] na kształtowanie się właściwości reologicznych w funkcji zmian temperatury w zakresie 15–40°C. Dokonano matematycznego opisu krzywych reologicznych oraz wyznaczono sposobem graficznym energię aktywacji lepkiego płynienia. Na podstawie analizy krzywych reologicznych w układzie naprężenie styczne - prędkość ścinania w funkcji rozpatrywanych parametrów stwierdzono, że badane żywice MUF reprezentują reostabilne płyny nielinearnowskie, rozrzadzane ścinaniem. Najlepszą aproksymację danych eksperymentalnych w zakresie opisu krzywych płynienia otrzymano dla modelu reologicznego Ostwalda de Waele.

Authors' address:
dr inż. Mariusz Jóźwiak
prof. dr hab. inż. Stanisław Proszek
Instytut Technologii Drewna
Zakład Klejów i Klejenia
60-654 Poznań, ul. Winiarska 1
POLAND