

Die Papierrheologie

Eine angewandte Wissenschaft

Paper-Rheology

An applied Science

Die Rheologie spielt bei den meisten und wichtigen technologischen Prozessen und Operationen bei der Papierherstellung eine Rolle. Lösungen folgender komplexer Probleme können durch den Einsatz des rheologischen Wissens und besonders der rheologischen Modellbildung gefunden werden:

- ♦ die Charakterisierung der hergestellten Stoffe, insbesondere im Hinblick auf eine bessere Übereinstimmung bezüglich Ort und Art ihrer weiteren Verwendung oder/ und weiteren Verarbeitung;
- ♦ zur Untersuchung einiger Gesichtspunkte hinsichtlich der „Struktur-Wirkungsbeziehungen“ oder schließlich
- ♦ zur Vorhersage der Herstellbedingungen für bestimmte bisher nicht produzierte Materialeigenschaften. Wir geben hier einige Beispiele an, welche diese Aussagen untermauern sollen.

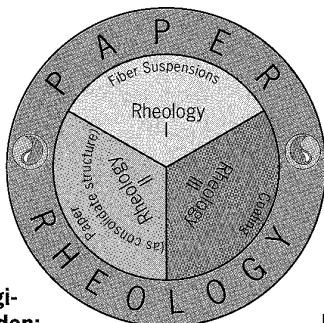
1 Einleitung

Bei der Herstellung von Papiermassen spielt insbesondere die Rheologie der Papiervorstufen bei den meisten Grundverfahren und Prozessen zur Technologie und Verarbeitung von Papier und Karton eine Rolle. Um die Problemfelder aus rheologischer Sicht zu systematisieren, teilt J. Schurz die Papierrheologie in drei Bereiche ein, wie in Abb. 1 dargestellt [2].

In der Praxis jedoch treten die rheologischen Vorgänge nicht alleine auf. Sie treten z. B. mehrfach auf, meist häufig, in Verbindung mit chemischen, physikalisch-chemischen oder elektrokinetischen Stoffübergängen. In derartigen Fällen wird die Erklärung der Phänomene und ihrer technologischen Bedeutung beliebig schwierig.

2 Rheologiebezogene Aspekte der Papierherstellung

In den gültigen Qualitätsstandards für die verschiedenen Papier- und Kartonarten werden einige Eigenschaften beschrieben wie z. B. Grenzwerte für Bruchlängen oder Dehnung, Berst- oder Reißstärken, Bruchverhalten, Weißgrad, Opazität, Porosität usw. Zweifelsohne haben die meisten dieser Standards ihre Berechtigung. In einigen Fällen haben sich jedoch derartige Standards als unbefriedigend und als nichtschlüssig erwiesen. Daher erscheint es notwendig, neue Eigenschaften festzusetzen. Derartige Charakteristika können rheologischer Art sein.



Rheology is present in most of the main technological process and operations of the paper-making.

The solutions of some complex problems, as:

- ♦ to characterize the produced materials, in a better concordance with the place and kind of their further utilization, or/and converting;
- ♦ to elucidate some aspects concerning the relation "structure – properties", or
- ♦ to pre-establish the making conditions for a desired material, can be found by utilizing the knowledge in rheology, particularly the rheological modelling.

To demonstrate the above asserted, there are given some examples.

2 Introduction

In paper technology, Paper Rheology extends practically, to most of the main operations and procedures of the paper and board technology and converting. To systematize the involved problems with rheology, Schurz considers that Paper Rheology could be shared in three domains, as in Fig. 1 [2].

In the practice of paper rheology, the rheological processes don't manifest themselves alone; they take place many a time, even very frequently, simultaneously with the mass-transfer, chemical, physical-chemical and electrokinetical processes. In this case the approach of these situations, respectively to control them in technological meaning, becomes very difficult.

Prof. Dr. Emanuel Poppel,

geb. 1928, studierte Chemie an der Technischen Hochschule in Jassy, Rumänien, wo er 1958 promovierte. Seit 1970 ist er Professor für "Pulp & Paper Industry Equipment and Paper Rheology". E. Poppel ist Autor von 190 Fachbeiträgen und sieben Büchern und Monographien auf dem Gebiet der Papierrheologie sowie Inhaber mehrerer Lizenzen.

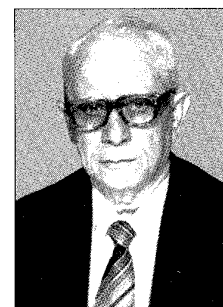
Prof. Dr. Emanuel Poppel, born in 1928, studied chemistry at the technical university in Jassy, Romania attaining his doctorate in 1958. Since 1970 Dr. Poppel is a professor for "Pulp & Paper Industry Equipment and Paper Rheology". He is the author of 190 technical papers and seven books and monographs in the field of paper rheology and holds several licenses.

E. Poppel, Jassy, Rumania*



Abb. 1:
Die hauptsächlichsten Anwendungsbereiche der Papierrheologie

Fig. 1:
The main domains of Paper-Rheology

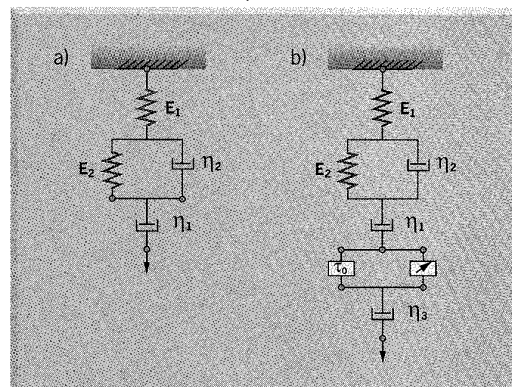


* Plenary Conference presented at 11th Intern. Symposium on Cellulose and Paper Chemistry & Technol., Sept. 12–14, 1995, Jassy/Romania



Abb. 5:
Die rheologischen Modelle,
welche zur Beschreibung des Verhaltens
von mikrogekrepptem Clupak Papier
benutzt wurden

Fig. 5:
The rheological models utilized
to characterize the behaviour of
microcreped clupak paper



b) die Korrelationen zwischen den Herstellparametern und den Kenngrößen der Standards erwiesen sich mit 89,2 % bis 88,7 % als von Bedeutung für die rheologischen Kenndaten der Papiere.

c) in ähnlicher Weise erwiesen die Berechnungen, daß die Korrelationen zwischen den Standards und den rheologischen Größen in 67,2 % der Fälle von Bedeutung waren.

Somit ist die Hypothese, welche die Autoren vor vier bis fünf Jahren aufstellten, bewiesen:

daß man die Bedingungen der Papierherstellung vorausberechnen kann und zwar nacheinander für die technologischen Flüsse und den Gesamtfluß nach der Gedankenkette: „Technologische Parameter – Standardeigenschaften – rheologische Eigenschaften“, wie in dieser Arbeit dargestellt.

d) es wurden auch einige Resultate erhalten, die bisher zwar in der Praxis bekannt oder zumindest vermutet worden waren aber noch nicht durch Berechnungen untermauert waren. Diese beziehen sich auf die wichtigen Einflußgrößen von clupak Papier im Hinblick auf folgende Parameter:

- Kung Index des Papierbreis;
- Konsistenz und Feinheitgrad des Zellstoffes;
- Stoffauflaufkonsistenz und Verhältnis von Strahlggeschwindigkeit zu Siebgeschwindigkeiten;
- Werte und Art der Vakuumverteilung in den Vakuumkammern;
- Prozeßparameter im Clupak Gerät;
- Geschwindigkeitsverhältnisse zwischen den antreibenden Sektionen der Papiermaschine und Einhalten ihrer im Prinzip vorgegebenen Grenzwerte in den letzten Phasen der endgültigen Papierstrukturverfestigung.

4.3 Superkalandrierung von Papier bei erhöhter Temperatur und erhöhter Feuchtigkeit

Die Durchleuchtung der theoretischen Phänomene, die sich auf der Skala der Makro- und der Mikrostruktur im Papier abspielen, stellt ein noch weites Forschungsfeld dar.

Daher ist es von großem Interesse, die zugehörigen Grundlagen der neuen Superkalandrierung bei erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit zu erarbeiten, sie wird als Substrata Thermal Molding oder „Soft-Calendering“ bezeichnet.

d) Some results have emerged, known or intuit in practice, but not proven by calculation, referring to the important influences on the quality of clupak paper, of some technological parameters, as follows:

- Kung-Index of the pulp;
- Consistency and beating degree of the pulp;
- Stock inlet consistency and the ratio jet velocity/wire velocity;
- Values and manner of the vacuum distribution in the vacuum-cases;
- Processing parameters in the clupak-device;
- Velocity ratios between the driving groups of the paper machine and keeping them at given limits, in principal, in the phases of final paper structure consolidation.

4.3 Contributions to the understanding of paper supercalendering, in particular, performed at higher temperature and humidity contents

The enlightenment of the theoretical phenomena which take place on the level of macro- and micro- structure in paper, represents still a large area of research.

Therefore, it is of much more interest to know the fundamentals of the new supercalendering procedure at higher temperatures and humidity contents, named also „Substrata Thermal Molding“ (or, „Soft-Calendering“).

In this meaning the author started a study on the influence of supercalendering parameters on the physical-mechanical and rheological characteristics of the paper, and the correlation between these two categories of indices.

Although the study is at a beginning stage, were presented here, summarily, only some essential remarks [8],[9]:

In connection with the influence of the calendering parameters on the standard characteristics of the paper:

a) The standard resistance characteristics are less influenced by temperature growth, comparatively with the effect of pressure; the guidance to the process at higher temperatures and humidity contents, even leads some growth of breaking length.

Die Autoren begannen, den Einfluß der Superkalandrierparameter auf die physikalisch-mechanischen und rheologischen Kenngrößen der Papiere zu untersuchen. Dabei berechneten sie auch die Korrelationen zwischen diesen beiden Datensätzen.

Obwohl die genannte Untersuchung erst vor kurzem begonnen wurde, können wir hier erste Resultate in komprimierter Form vorstellen [8], [9]:

In Verbindung mit dem Einfluß der Kalandrierparameter auf die Standardeigenschaften von Papier wurde ermittelt:

- a) die Standardfestigkeiten werden von einer Temperaturerhöhung weniger stark beeinflusst als im Vergleich dazu durch Druckeffekte. Das Betreiben des Kalanders bei erhöhter Temperatur und Feuchte führt zu einer größeren Reißlänge.
- b) im Bezug auf die Kompressibilität der Papiere ist der lineare Druck entscheidend, während durch Temperatureinwirkung entsprechende Glättegrade schon bei geringerer Papierdichte erhalten wurden.

Im Hinblick auf die mechanisch-rheologischen Kenngrößen wurde gefunden:

- a) die Veränderung der rheologischen Charakteristika ist als Funktion von Druck und Temperatur ähnlich dem Standardfall, wobei die erstgenannten eine größere Streubreite aufweisen.
- b) der hilfreiche Einfluß der Temperatur in Verbindung mit der Papierfeuchtigkeit unter definierten Bedingungen führt zu einem vorteilhaften Effekt und zwar sowohl hinsichtlich der Oberflächeneigenschaften des Papiers als auch hinsichtlich seines Festigkeitsverhaltens.
- c) Es wurde eine sehr gute Korrelation gefunden zwischen den zwei Gruppen von Eigenschaften: zwischen den Standardgrößen und den rheologischen Meßwerten. Daraus kann man multiple Regressionsrechnungen ableiten, mit deren Hilfe man nicht nur die optimalen Herstellbedingungen ableiten kann sondern auch verlässliche Eigenschaftsprofile der Endprodukte.

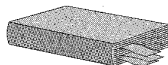
Rh

- b) Referring to the compressibility of the paper, the most influential parameter is the linear pressure, while on the action of the temperature it was obtained smoothenesses at a less density of the paper.

Concerning the action on the mechanical-rheological characteristics it was observed following :

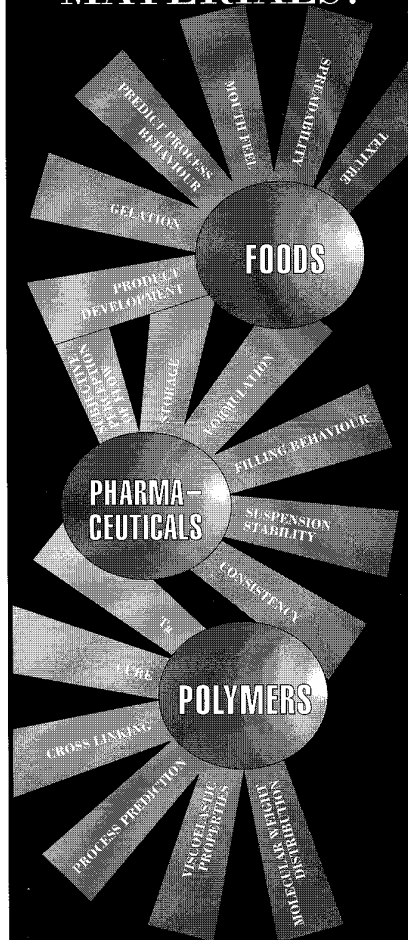
- a) The variation of the rheological characteristics, as function of pressure and temperature, is similar at of the standard one, the first characteristics having a larger domain of variation.
- b) The beneficial influence of temperature, associated – in determined conditions – with humidity, leads to a favourable effect, as much on the superficial properties of the paper as on their resistance characteristics.
- c) It was observed a very good correlation between these two groups of characteristics, standard and rheological. This allows us to establish multiple correlation equations, and through their assistance to determine not only the optim processing conditions, but also the more fidel characteristics of the finished products.

Rh



- [1] E. Poppel, O.A. Terentiev. „Der Nutzen der Papierrheologie für die Praxis“ Spring Conf. A.P.V., Graz – Austria, 28 Mai, 1990
- [2] J. Schurz, Das Papier, 25, (1971), p. 777
- [3] K. Arczewski, J. Pietrucha, "Mathematical of Complex Mechanical Systems", Vol.I, Ed.Ellis Hardwood, 1992, p. 15
- [4] D. Boutros, Doctoral Thesis, Polytechnic Institute "Gh. Asachi" Jassy, 1991
- [5] E. Poppel, C. Malutan, Cel. si Hartie, 43, (1994) No. 2, p. 22–27
- [6] E. Poppel, et al.: "Research on behaviour of clupak microcreped papers" (National Conf. on Chem., Oct. 1994, Jassy, Romania)
- [7] E. Poppelet al.: "Correlation between standard, rheological and technological parameters in clupak manufacturing" (11th Intern.Symp.for Pulp & Paper Chemistry and Technol., Sept. 1995, Jassy, Romania)
- [8] J. Mărgineanu, M.Sc.Thesis, Technical University "Gh. Asachi" Jassy, Romania, 1995
- [9] E. Poppel, F. Ciolacu, "Influence of some technological parameters of super-calendering on physico-mechanical and rheological properties of paper" (11th Intern. Symp. for Pulp & Paper Chem. and Technol., Sept. 1995, Jassy, Romania)
- [10] E. Poppel, J. Schurz, Cell. Chem. and Technol., 16 (1982), p. 571ff.

NEED TO CHARACTERISE MATERIALS?



We Provide
Innovative
Thermal Analysis &
Rheology Solutions

TA Instruments

Thermal Analysis & Rheology

TA Instruments, Ltd.
Leatherhead, U.K.
Telephone: 44-(0) 1372 360363
Fax: 44-(0) 1372 360135