

ВОЗМОЖНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ

С. Соколовски, Н. Делийски

Осуществлен анализ нагружения основного вала ленточнопильных станков. Проведены проектные прочностные вычисления основного вала станка. Предложено конструктивное решение, уменьшающее изгиб консольной части основного вала. Внедрение предложенного решения приведет к улучшению работы ленточной пилы и клиноременной передачи станка.

Ключевые слова: ленточнопильный станок, основной вал, ременная передача, прочностной расчет

Analysis of the load on the main drive shaft of band saw is provided. Validating test strength calculations of the main band saw shaft are made. Constructive solutions to reduce the bending in the console parts of the main drive shaft which will improve the work of the saw band and the V-belt transmission are proposed.

Keywords: band saw, main drive shaft, belt transmission, strength calculations

Конструкции режущих механизмов ленточнопильных станков не отличаются принципиально друг от друга при отдельных типах станков. Они состоят из двух колес с ленточной пилой и основного вала, приводимого в движение электродвигателем при помощи ременной передачи (рис. 1). Основной вал станка подвергается большим изгибающим напряжениям, порожденным, с одной стороны, силой натяжения ленточной пилы и, с другой стороны, силой натяжения ремней.

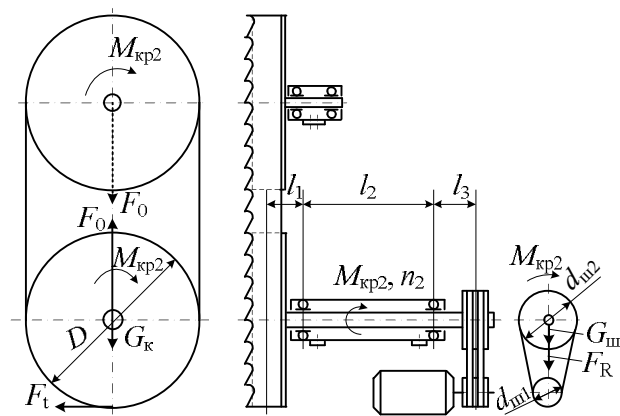


Рис. 1. Режущий механизм ленточнопильного станка

В настоящей статье проведен анализ привода режущего механизма ленточнопильных станков и, в частности, нагружения их основного вала. На основе результатов анализа предлагаются два новых конструктивных решения подшипниковых узлов основного вала ленточнопильных станков.

Прочностной расчет основного вала ленточнопильного станка.

Нагружение вала. Основной вал станка нагружен поперечными силами и крутящими моментами.

Поперечные силы, которые нагружают вал, таковы: F_0 от натяжения ленточной пилы, F_R от натяжения ремней и F_t от крутящего момента.

При более точном расчете необходимо учитывать также силы тяжести колеса G_k и водимого ремнями шкива $G_{ш}$ в качестве поперечных сил (рис. 1).

Крутящий момент $M_{кр2}$ (в N.m), передаваемый валом, равен крутящему моменту, определяемому по уравнению

$$M_{кр2} = \frac{9554 P_1 \eta d_{ш2}}{n_1 d_{ш1}}, \quad (1)$$

где P_1 – мощность электродвигателя, kW;

η – к.п.д. приводного механизма (обычно принимается $\eta = 0,9$);

n_1 – частота вращения электродвигателя, min^{-1} ;

$d_{ш1}$ и $d_{ш2}$ – диаметры соответственно ведущего и ведомого шкивов, mm.

Сила натяжения ленточной пилы F_0 (в N) равна

$$F_0 = 2Bs\sigma, \quad (2)$$

где B – ширина режущей ленты, м; s – толщина режущей ленты, м; σ – напряжение растяжения от натяжения пилы, N.m^{-2} .

Для нормальной работы режущей ленты это напряжение должно равняться [2]: $\sigma = (30 \div 40) 10^6 \text{ N.m}^{-2}$ – для обычных станков; $\sigma = (50 \div 70) 10^6 \text{ N.m}^{-2}$ – для делительных станков; $\sigma = (80 \div 100) 10^6 \text{ N.m}^{-2}$ – для распиловочных станков.

Периферная сила F_t (в N) равна

$$F_t = \frac{2M_{кр2}}{D}, \quad (3)$$

где D – диаметр лентоходного колеса, м.

Схема приведения сил, действующих на ленточную пилу, к геометрической оси основного вала станка показана на рис. 2. Перпендикулярно оси вала действуют периферная сила F_t (на расстоянии $0,5D$) и сила натяжения ленты F_0 .

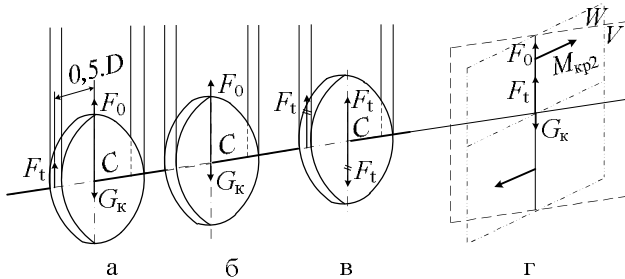


Рис. 2. Схема приведения сил к геометрической оси основного вала

Составление вычислительной схемы. При составлении вычислительной схемы вала радиальная сила F_0 переносится на ось вала (рис. 2б) и она будет изгибать вал в плоскости V . Периферная сила F_t действует поперечно валу, изгибает его в плоскости V и создает крутящий момент $M_{кр2} = 0,5F_t D$, который действует в плоскости W и обуславливает скручивание вала (рис. 2в). Из рис. 2г видно, что в т. С действует общая поперечная сила F , которая равна

$$F = F_0 + F_t - G_k, \quad (4)$$

где G_k – сила тяжести нижнего колеса, N.

Эта сила F изгибает вал в вертикальной плоскости V .

Сила клиноременного привода F_R действует на противоположную сторону вала (рис.1). Ее направление зависит от расположения этого привода (от вертикального $\alpha = 0^\circ$ до горизонтального $\alpha = 90^\circ$). Она равна [2]

$$F_R = 3F_t, \quad (5)$$

где F_t – периферная сила, которая определяется по уравнению (3).

При помощи F_R вычисляются ее составляющие $F_{Ry} = F_R \sin \beta$ – в горизонтальной плоскости и $F_{Rz} = F_R \cos \beta$ – в вертикальной плоскости, где α – угол между прямой, связывающей центры кручения шкивов с вертикалью; при вертикальном приводе $F_{Ry} = F_R$ и $F_{Rz} = 0$.

На рис. 3 показана типичная конструкция подшипниковых узлов основного вала ленточно-пильных станков, а на рис. 4 дана последовательность расчета основного вала на прочность.

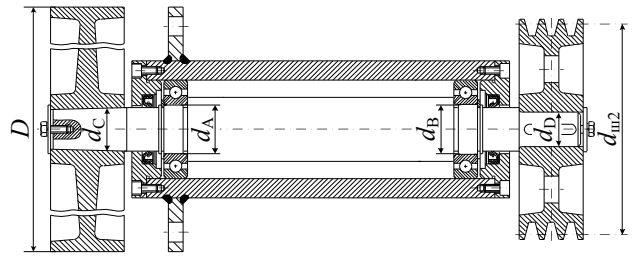


Рис. 3. Конструкция подшипниковых узлов основного вала в существующих ленточнопильных станках

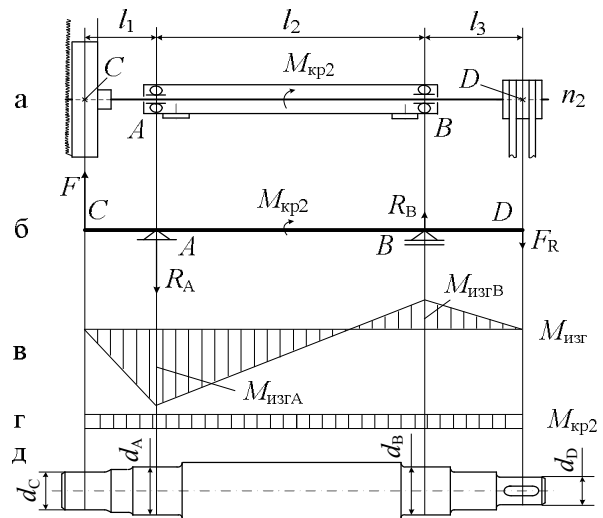


Рис. 4. Вычислительная схема, диаграммы изгибающего и скручивающего моментов и конструкция основного вала в существующих ленточнопильных станках

Исходя из конструкции и размеров, показанных на рис. 4а, составлена вычислительная схема, которая дана на рис. 4б. В т. С на рис. 4б действует определенная по уравнению (4) сила F , а в т. D действует вычисленная по уравнению (5) сила F_R . Опоры расположены в т. А и т. В. Обе силы действуют на вал в вертикальной плоскости и имеют противоположные направления (рис. 4б).

Проектный расчет основного вала на сложную прочность. Этот расчет производится с использованием показанной на рис. 4 вычислительной схемы и диаграмм изгибающих $M_{изг}$ и скручивающих $M_{кр}$ моментов. На вал действуют следующие силы F , F_R и $G_{ш}$ (рис. 1). Вал расположен на двух подшипниках качения.

• **Определение изгибающих моментов:**

Изгибающие моменты в точках А, В и С (рис. 4в) равны соответственно $M_{изг А} = Fl_1$, $M_{изг В} = (F_R + G_{ш})l_3$ и $M_{изг С} = 0$.

• **Определение скручивающего момента:**

Вал по всей его длине подвержен скручиванию передаваемым крутящим моментом $M_{кр2}$

(рис. 4г). Этот момент определяется по уравнению (1), после чего строятся его диаграммы в подходящем масштабе.

• *Определение диаметров вала в характерных сечениях:*

Диаметры вала d_C в т. С, где закрепляется лентоводное колесо и d_D в т. D, где закрепляется приводимая шайба, подвержены только скручиванию крутящим моментом $M_{кр2}$, вычисленным по уравнению (1). Они определяются (в т) по следующему уравнению [1]:

$$d_C = d_D \geq 1,1 \sqrt[3]{\frac{M_{кр2}}{0,2[\tau_{кр}^I]}}, \quad (6)$$

где $[\tau_{кр}^I]$ – уменьшенное допустимое напряжение скручивания. Для стали 45 $[\tau_{кр}^I] = 20 \cdot 10^6 \text{ N.m}^{-2}$.

Диаметры вала в опорах т. А и т. В, где закрепляются подшипники, из конструктивных соображений вырабатываются с одинаковыми размерами, равными большему из них, учитывая при этом стандартные внутренние диаметры подшипников качения, т.е. $d_A = d_B$. В случае более нагружена шейка вала в т.А (рис. 4в). Диаметр вала в опорах А и В, где располагаются подшипники качения, равен [1]:

$$d_A = d_B \geq \sqrt[3]{\frac{M_{экр А}}{0,1[\sigma_{изг}]}}}, \quad (7)$$

где $M_{экр А}$ – эквивалентный момент в опоре т. А, N.m. Он равен $M_{экр А} = \sqrt{M_{изг А}^2 + M_{кр2}^2}$, где изгибающий момент в т. А равен $M_{изг А} = Fl$, а $M_{кр2}$ вычисляется по уравнению (1); $[\sigma_{изг}]$ – допустимое напряжение изгиба, N.m⁻². Для стали 45 $[\sigma_{изг}] = 40 \cdot 10^6 \text{ N.m}^{-2}$.

• *Конструктивное оформление вала:*

Конструкция вала (рис. 4д) имеет ступенчатую форму, начиная с изображения крайних шеек в сечениях С и D. Диаметр шейки в сечении С должен быть как можно больше. Ступеней между шейками в сечениях С и А должны быть немного по количеству и с небольшой высотой.

На основе вышепроведенного анализа установлено, что максимальное нагружение вала находится в его сечении при подшипнике рядом с лентоводным колесом. Там действует изгибающий момент, который порождается силой натяжения ленточной пилы.

Для уменьшения изгибающих моментов в консольных частях вала предлагаются два новых конструктивных решения:

Первое решение: изгибающие моменты сил натяжения ленточной пилы и ременной передачи принимаются подшипником, закрепленным к корпусу станка (рис. 5 и рис. 6).

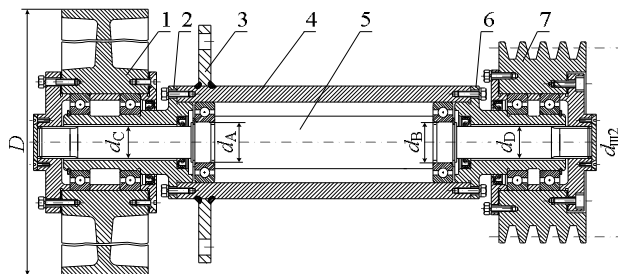


Рис. 5. Оба подшипниковых узла закреплены в корпусе ленточнопильного станка

При этом решении подшипниковые узлы нижнего лентоводного колеса 1 и водимого ременного шкива 7 отделены от подшипниковых узлов вала 5. Подшипниковый узел нижнего лентоводного колеса состоит из двух радиальных подшипников качения и флянца 2, который закрепляется к подшипниковому телу 4 и колесу 1. Подшипниковое тело 4 представляет собой толстостенную трубу, которая посредством приваренной к ней плиты 3 соединяется к корпусу станка при помощи болтов. Подшипники целесообразно закреплять к корпусу станка при помощи болтовых соединений.

Подшипниковый узел водимого шкива 7 состоит из двух радиальных подшипников качения, флянца 6, закрепляемого к подшипниковому телу 4 и самого шкива 7. Связь вала 5 с нижним лентоводным колесом 1 станка и водимым шкивом 7 осуществляется при помощи шлицевого соединения. Вал 5 располагается в подшипниковом теле на двух радиальных подшипниках качения.

Конструкция вала показана на рис. 6г.

При описанной конструкции вал получается меньшего диаметра по сравнению с существующими конструкциями, ступица нижнего лентоводного колеса увеличивается, количество подшипников на 4 больше и необходимы 2 флянца для подшипникового тела. Конструкция водимого шкива не изменяется существенно.

Вал по всей его длине нагружен только скручиванием крутящим моментом $M_{кр2}$ (рис. 6в), определенным по уравнению (1), а его диаметр вычисляется по уравнению (6).

Второе решение: изгибающий момент силы натяжения ленточной пилы принимается подшипником, закрепленным к корпусу станка, а из-

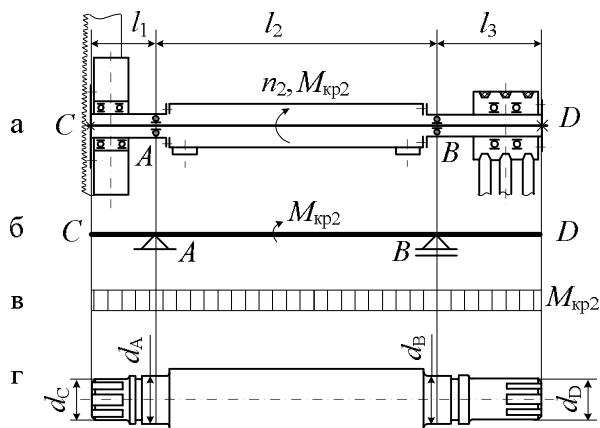


Рис. 6. Вычислительная схема, диаграммы скручивающего момента и конструкции основного вала ленточнопильного станка в соответствии с рис. 5

гибающий момент силы натяжения ременьной передачи принимается валом (рис. 7 и рис. 8).

Из анализа диаграммы изгибающего момента (рис. 4в) видно, что изгибающий момент силы натяжения ремней (опора *B*) значительно меньше изгибающего момента силы натяжения ленточной пилы (опора *A*). Поэтому оказывается возможным второе решение, при котором можно предоставить валу принимать на себя изгибающий момент силы натяжения ремней (рис. 7 и рис. 8), в то время, как изгибающий момент силы натяжения ленточной пилы будет приниматься телом подшипника, неподвижно закрепленного к корпусу станка.

При этом решении расположение нижнего лентоводного колеса на подшипниках отделено от расположения вала 5 на подшипниках.

Подшипниковый узел нижнего лентоводного колеса состоит из двух радиальных подшипников качения, колеса 1 и флянца 2, который закрепляется к подшипниковому телу 4. Тело 4 представляет собой толстостенную трубу, которая посредством приваренной к ней плиты 3 присоединяется к корпусу станка при помощи болтов. Подшипники целесообразно закреплять к корпусу станка при помощи болтовых соединений.

Связь вала 5 с нижним лентоводным колесом 1 станка осуществляется при помощи шлицевого соединения. Вал 5 располагается в подшипниковом теле 4 на двух радиальных подшипниках качения. Ведомый шкив 6 закрепляется к правому концу вала при помощи шпонки.

При этой конструкции вал тоже получается меньшего диаметра по сравнению с существующими конструкциями. Ступица нижнего лентоводного колеса увеличивается, количество подшипников на два больше и необходим один флян-

ец для подшипникового тела. Конструкция водимого шкива не изменяется.

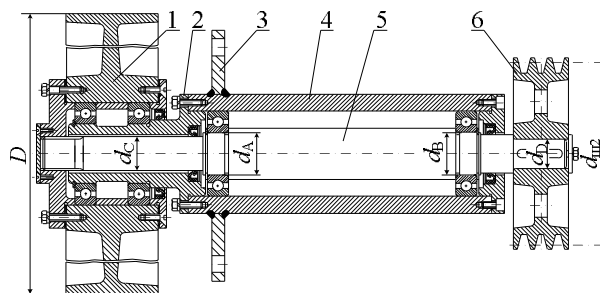


Рис. 7. Только один из подшипниковых узлов закреплен в корпусе ленточнопильного станка

По уравнению (6) определяются подверженные только скручиванию крутящим моментом $M_{кр2}$ (рис. 8г) диаметры вала d_C в т. *C*, где закрепляется лентоводное колесо и d_D (в т. *D*, где закрепляется приводимая шайба ремней).

Диаметры вала в опорах т. *A* и т. *B* (рис. 8д), где располагается подшипник качения, определяются в зависимости от более нагруженной опоры. В рассматриваемом случае более нагружена опора *B* (рис. 8в). Изгибающие моменты в точках *A* и *B* (рис. 8в) равны соответственно $M_{изг A} = 0$, $M_{изг B} = F_R l_3$.

Диаметры вала d_A и d_B в опорах *A* и *B* определяются по уравнению

$$d_A = d_B \geq \sqrt[3]{\frac{M_{экр B}}{0,1[y_{изг}]}} \quad (8)$$

где $M_{экр B}$ - эквивалентный момент в опоре *B*, N.m. Он равен $M_{экр B} = \sqrt{M_{изг B}^2 + M_{кр2}^2}$.

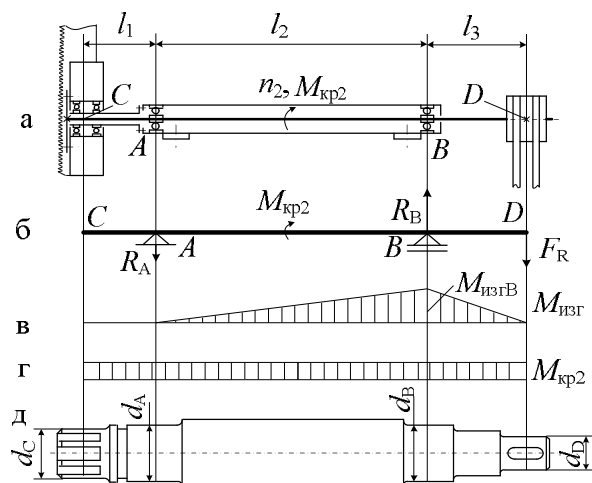


Рис. 8. Вычислительная схема, диаграммы изгибающего и скручивающего моментов и конструкции основного вала ленточнопильного станка в соответствии с рис. 7

Проведенный прочностной расчет основного вала ленточнопильного станка позволил сделать анализ наиболее опасных сечений вала. Результаты анализа дают основание искать возможности для уменьшения нагружения основного вала станка. Предложены два новых варианта расположения подшипниковых узлов вала. Их можно использовать при разработке новой конструкции вала, которая обеспечит улучшение эксплуатации режущего механизма ленточнопильных станков. Улучшится также натяжение ленточной пилы и ремней.

Внедрение предложенных решений приведет к повышению надежности ленточнопильных станков.

Список литературы

1. Соколовски С. Машинни елементи. София: ЛТУ, 2007. 318 с.
2. Филипов Г. Дървообработващи машини. София: Земиздат, 1967. 378 с.
3. Соколовски, С., Делийски, Н. Новый тип привода ленточнопильных станков // 8-th international science conference "Chip- and chipless woodworking processes", 7–9 September 2012, Zvolen, Slovakia (in print).

Славчо Соколовски – д-р, проф., зав. каф. машинознания и автоматизации производства Лесотехнического университета г. Софии, slav_sokolovski@yahoo.com; Ненчо Делийски – д-р техн. наук, проф. каф. машинознания и автоматизации производства Лесотехнического университета г. Софии, deliiski@netbg.com.

3D COMPRESSION MOLDING OF WOOD SURFACE IN RELATION TO ITS PLASTICIZING TREATMENT

Gaff Milan, Barčík Štefan, Kvietková Monika

This paper deals with pressing problem – embossing of wood surface. We investigated a following influences i.e. tool shape, depth of pressing, grain direction and type of plasticizing for dimensional change and quality of embossed surface. The best results were obtained for 45° wedge point oriented parallel with grain direction, depth of pressing 2 mm with pre-treated wood surface by IR heating.

Keywords: pressing, embossing, surface quality, shape of wedge, shape stability

Данная работа посвящена актуальной проблеме - тиснение поверхности древесины. Мы исследовали влияние следующих параметров, т.е. форма инструмента, глубина нажатия, направление волокон и типа пластификатора для изменения размеров и качества рельефной поверхности. Наилучшие результаты были получены для 45° клин точки ориентированы параллельно с зерном направление, глубина нажатия 2 мм с предварительно обработанной поверхности древесины при нагревании ИК.

Ключевые слова: прессование, тиснение, качество поверхности, формы клина, формоустойчивость

Wood pressing is method for wood shaping which belongs to group of chipless – machining operations [1]. Aim of our research is wood shaping by pressing for achievement a decorative treatment referred to as embossing. Nowadays, we know only stationary process of wood surface shaping (embossing). In this process, change of surface shape is created by pressing profiled and heated plates on material – wood. Embossing plates contains styluses locally or continue created on surface.

Pressing process of surface shaping has 3 phases – plasticizing, pressing and conditioning. Plasticizing includes an effect of plasticizing medium, generally steam or chemical agent [2]. Press-

ing process creates embossment on wood surface (pressing - embossing phase), which is stabilized by effect of heat and pressure (stabilization phase). During conditioning process the moisture and temperature of wood are equalized, or chemical agent evaporates to air. Disadvantage of discontinuous process is long time running [4, 5].

The main concept of our research is creation continuous process of pressing (embossing) and provide for required depth of embossment and best possible quality of treated wood surface. We suppose suitable application for unpretentious embossing, for decorative treatment wood species with in-expressive structure.

Methodics of experiments. Basis of objective accomplishment were experimental tests. That is investigation of influencing factors (method of plasticizing, shape of device, wood grain direction, embossing depth and initial moisture) on dimensional changes and quality of treated wood surface [3].

Wood was plasticized by IR and resistance heating for improvement of shaping. Effect of plasticizing was monitored with comparison plasticized and unplasticized experimental samples. Three types of heated wedges (temperature $140 \pm 5^\circ\text{C}$) were pressed to surfaces of samples. The wedges had a three different peaks 15° , 45° and 90° . Wedges were pressed to tangential area of samples in three different directions (parallel with grain, perpendicular to grain and angle-wise 45°), to three different depths (2, 4 and 6 mm). For this purpose were used an original pressing plates with mountable wedge device, where is possible to change a random wedge. This mountable wedge device is illustrated at Fig.1.

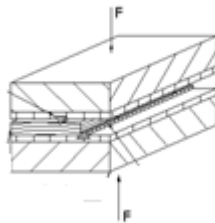


Fig.1 scheme of experimental equipment

Plates, fixed on experimental shredder machine, were heated by resistance heating during experimental tests. To upper pressing plated can be inserted by different embossing wedges. To lower pressing plate is inserted so-called stop bar, which fixing a samples in required position.

Experimental samples were made up aspen wood with dimensions $105 \times 105 \times 15$ mm so that the larger surfaces were tangential. Samples were conditioned to moisture 8% and 16% before tests. These suitable moistures were reached by wettability principle which is based on wood ability to become adapted with surrounding conditions. Required moisture was reached by conditioning determined from Čulickeho diagram. Experimental samples were conditioned for 8% moisture in environs with air temperature approximately $t = 20^\circ\text{C}$ and with relative humidity of air approximately $\rho = 40 - 45\%$ (room conditions) and for 16% moisture in environs with approximately $t = 20^\circ\text{C}$ and relative humidity of air approximately $\rho = 75\%$. Moisture was verified with moisture meter and controlled by gravimetric method.

Dimensional changes were evaluated by so-called residual depth of embossment determined from measurement of samples thicknesses. General scheme represented the thickness change curve of compressed material in selected time periods at uni-axial pressing during after 48 hours from press releasing (Fig.2).

Thickness values of samples [mm] in time period t_p a t_8 were measured by timing gauge with dimensional change device (Fig.3). From measured values we calculated residual depth of embossment by equation (1).

$$h_z = h_p - h_8 \text{ [mm]} \quad (1)$$

where: h_z – residual depth of embossment [mm];
 h_p – thickness of conditioned sample before pressing [mm]; h_8 – thickness of sample after 48 hours from wedge releasing [mm]

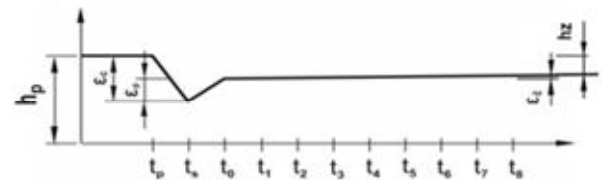


Fig.2 The curve change of embossment depth in uni-axial process of pressing and stabilization and residual depth of embossment after 48 hour from releasing (ϵ_c – total deformation, ϵ_e – elastic deformation in time, ϵ_p – plastic deformation (permanent), h_p – initial thickness of sample)



Fig.3 Fixing device wit so-called stop bar with timing gauge for measurement of dimensional changes

For determination of device influence to residual depth of embossment and quality of embossed area we selected three shapes of wedges (Fig.3):

- Wedge No.1 with cutting-wedge angle 15° ,
- Wedge No.2 with cutting-wedge angle 45° ,
- Wedge No.3 with cutting-wedge angle 90° .

Experiments were realized at influence of wedge on tangential surface with 3 basic directions

of wedges – parallel, perpendicular and angle-wise 45° to grain direction, this is illustrated in Fig.6.

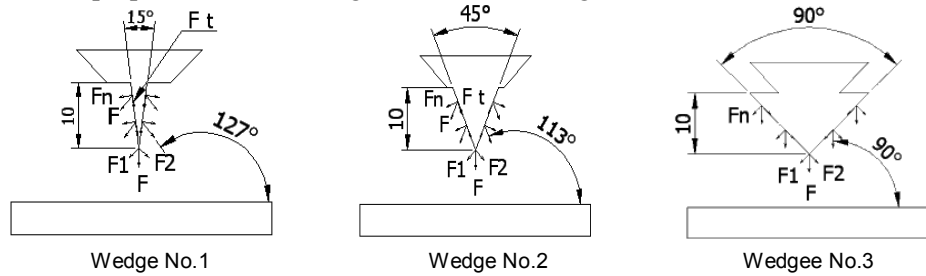


Fig.5 Types of embossing wedges

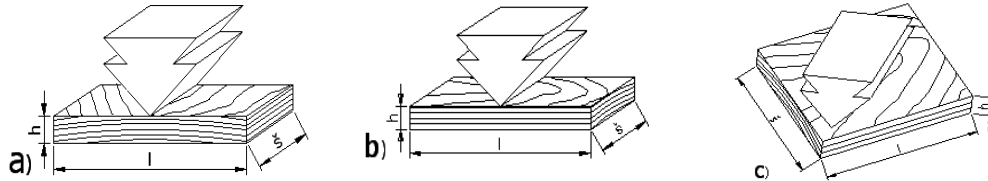


Fig.6 Pressing directions of experimental samples during experimental tests. Pressing to tangential surface: a. in parallel with grain, b. perpendicular to grain, c. angle-wise 45°

We choose qualitative groups for quality description of obtained surface: a – suitable quality (shape of embossed surface is identical with wedge shape, surfaces were without mechanical defects and could contain cracks with length max. 1 mm); b – partially suitable quality (shape of embossed surface was partially different than wedge shape, allowed small presence of defects which can't to invade a optical integrity of embossed surface, allowed longitudinal cracks with length max. 10 mm); c – inconvenient quality.

Quality of obtained surface – embossment was evaluated by subjectively with magnifying glass and according to size of cracks we classified embossed surfaces to individual qualitative groups [6, 7].

Results and discussion. The main objective of work was experimental verification of plasticizing method by IR and resistance heating for achievement residual depth of embossment and quality of surface at 2 moistures of experimental samples and in 3 pressing depth. Other investigated factors, which influenced basic factors, were pressing direction according to anatomical grain direction and cutting-wedge angle. Dimensional stability was evaluated from measured and calculated values of residual depth of embossment where results were obtained after 48 hours from releasing. Measured and calculated values were evaluated statistically and graphically.

Values of residual depth of embossment are shown in Tab.1. Comparison individual group we can to assert that most suitable is plasticizing by IR

heating. In comparison with samples plasticized by resistance heating and unplasticized was obtained the highest values residual depth of embossment (h_z) during IR heating.

The results have shown that with increasing residual depth of embossment the values h_z rises but at pressing depths (6 mm) quality of surface layers gets worse. Less positive results were obtained without plasticizing utilization. We can to confirm that increasing of moisture (16%) decreases values of residual depth of embossment. Comparison residual depth of embossment values in relation to anatomical grain direction we can to assert that the highest values h_z were achieved at parallel direction with grain. Other factors – perpendicular direction to grain and angle-wise 45° weren't statistically different.

By basic statistical characteristics we evaluated statistical signification of individual factors to residual depth of embossment and surface quality. We used multifactor analysis of variance for evaluation results. This multifactor analysis confirms or disallows statistical signification of investigated factors influenced on residual depth of embossment and surface quality.

Tab. 2 and Fig.7 shows that moisture is statistically very significant factor which influences values of residual depth of embossment. Better results h_z we obtained at 8% moisture what confirmed theory that with decreasing moisture rises the values of

residual depth of embossment [2]. Tab. 2 and Fig.8 shows pressing direction parallel with grain is statistically significant factor (in comparison with pressing direction perpendicular to grain and angle-wise 45°). Pressing directions perpendicular to grain and angle-wise 45° are not statistically different. Tab.2 and Fig.9 shows the influence of cutting wedge angles 45° a 90° on values of residual depth of embossment is statistically non-significant. We thought about 15° wedge but wasn't technically possible to measure values of residual depth of embossment with our timing gauge. Tab.2 and Fig.10 shows the pressing depth is statistically very significant factor. The highest values of residual depth of embossment we obtained at pressing depth 6 mm. Plasticizing methods were statistically moderately significant what is shown in Tab.2 and Fig.11. The most suitable plasticizing method was IR heating. At evalua-

tion of influencing factors wasn't evaluated quality of embossed surface. Experiments show that residual depth of embossment had higher values (especially at pressing depths 4 and 6 mm) at the expense of worse embossed surface quality [8]. We used five-factor analysis for evaluation of surface quality and evaluative influences were moisture, pressing direction, shape of wedge, pressing depth and plasticizing method.

Tab.č.1 – The measured values of residual depth of embossment. **Where: K – Plasticizing by Resistance heating; I – Plasticizing by IR heating; B – Without plasticizing; Z – The highest measured values**

METHOD OF PLASTICIZING	PRESSING DEPTH [mm]			GRAIN DIRECTIONS	USED WEDGE	MOISTURE
	2 [mm]	4 [mm]	6 [mm]			
K	0,75	2,34	4,26	II	45°	8
I	0,64	2,15	4,51	II	45°	8
B	0,64	1,44	3,09	II	45°	8
K	0,36	1,59	3,43	⊥	45°	8
I	0,47	1,84	3,40	⊥	45°	8
B	0,36	0,97	2,80	⊥	45°	8
K	0,37	1,21	3,19	45°	45°	8
I	0,43	1,66	3,29	45°	45°	8
B	0,33	0,72	2,36	45°	45°	8
K	0,86	1,61	3,38	II	45°	16
I	0,79	1,86	3,15	II	45°	16
B	0,70	1,70	3,46	II	45°	16
K	0,32	1,55	2,00	⊥	45°	16
I	0,71	1,30	1,98	⊥	45°	16
B	0,52	1,10	2,92	⊥	45°	16
K	0,54	1,49	2,32	45°	45°	16
I	0,59	1,32	2,36	45°	45°	16
B	0,44	0,89	2,36	45°	45°	16
K	0,79	2,22	3,44	II	90°	8
I	1,17	2,50	3,81	II	90°	8
B	0,67	2,31	4,02	II	90°	8
K	0,51	1,63	2,77	⊥	90°	8
I	0,64	1,95	2,99	⊥	90°	8
B	0,31	1,61	2,61	⊥	90°	8
K	0,37	1,21	3,19	45°	90°	8
I	0,49	1,66	3,29	45°	90°	8
B	0,33	0,72	2,36	45°	90°	8
K	0,75	1,52	2,96	II	90°	16
I	1,09	1,91	2,60	II	90°	16
B	1,01	1,91	3,39	II	90°	16
K	0,37	0,90	2,36	⊥	90°	16
I	0,69	1,13	1,82	⊥	90°	16
B	0,57	1,27	2,39	⊥	90°	16
K	0,40	1,39	2,47	45°	90°	16
I	0,54	1,35	1,82	45°	90°	16
B	0,58	1,22	2,21	45°	90°	16

Tab.2. The five-factor analysis of variance, evaluated the influence of moisture, pressing direction, shape of wedge, pressing depth and used plasticizing method to residual depth of embossment
(Legend: 1- moisture, 2 – pressing direction, 3 - wedge, 4 – pressing depth, 5- plasticizing method)

Summary of all Effects						
	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	1	0,11019	324	0,00115	95,8393021	0,00000
2	2	0,15741	324	0,00115	136,902527	0,00000
3	1	0,00006	324	0,00115	0,04994241	0,82330
4	2	1,81481	324	0,00115	1578,42175	0,00000
5	2	0,00682	324	0,00115	5,93514395	0,00294

Tab.3. Five- factor analysis of variance, evaluative influence of moisture, pressing direction, shape of wedge, pressing depth and plasticizing method on surface quality

Summary of all Effects						
	df	MS	Df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	1	0,006173	486	0,152263	0,04054054	0,84051
2	2	9,705247	486	0,152263	63,7398643	0,00000
3	2	14,27932	486	0,152263	93,7804031	0,00000
4	2	32,43673	486	0,152263	213,030411	0,00000
5	2	0,075617	486	0,152263	0,49662161	0,60889

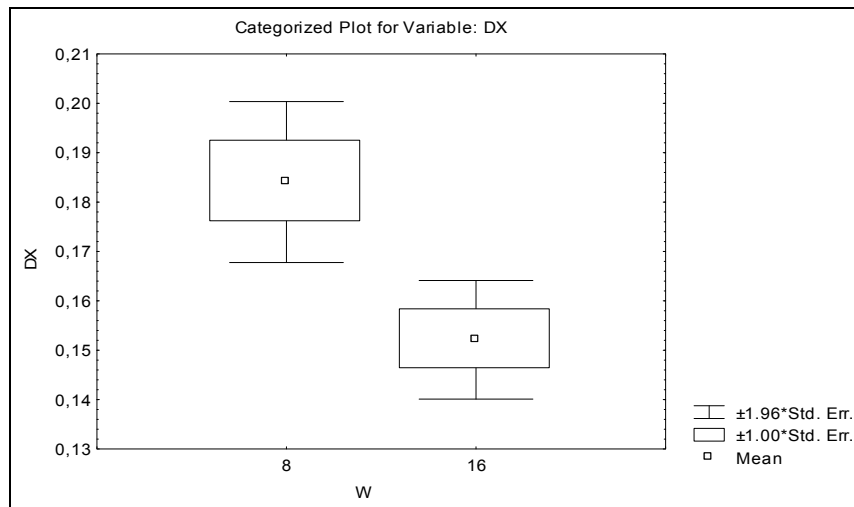


Fig. 7. 95% intervals reliability of variance analysis for values of residual depth of embossment (h is marked as Dx) at moisture 8% and 16%

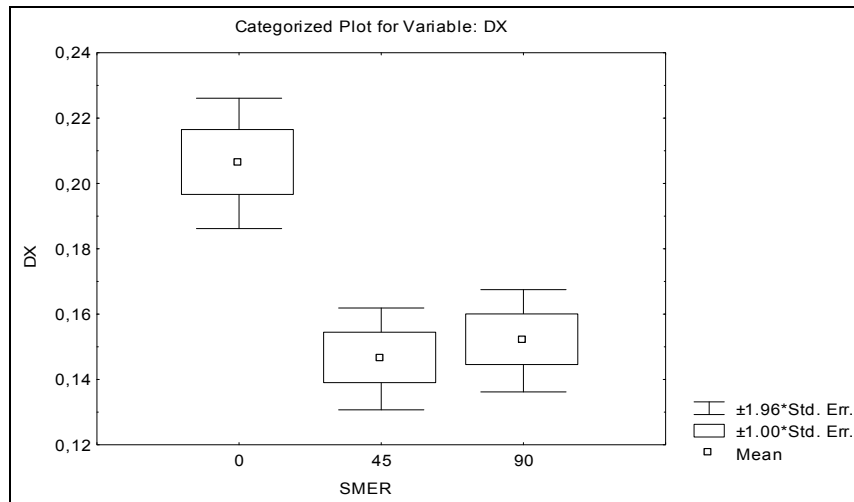


Fig. 8. % intervals reliability of variance analysis for values of residual depth of embossment (h is marked as Dx) at investigated pressing directions (o parallel with grain, 45 – angle –wise 45, 90 – perpendicular to the grain)

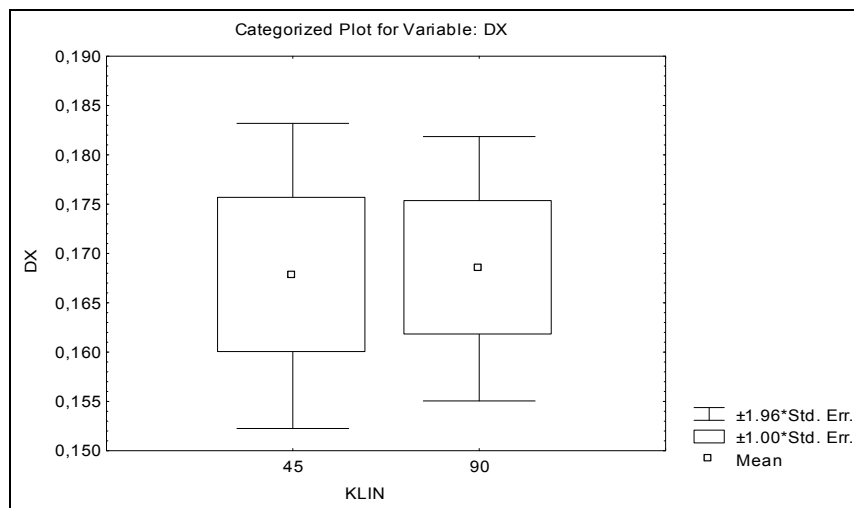


Fig. 9. 95 % intervals reliability of variance analysis for values of residual depth of embossment (h is marked as Dx) at used wedges with cutting-wedge angles 45° and 90°

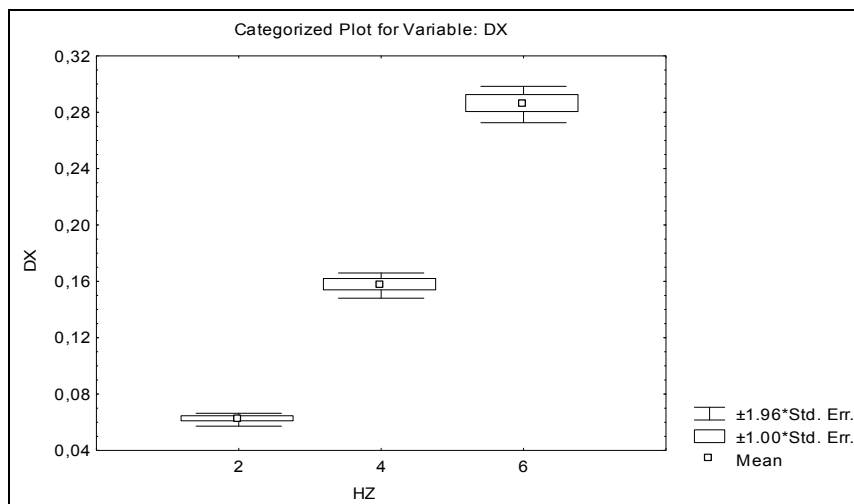


Fig. 10. 95 % intervals reliability of variance analysis for values of residual depth of embossment (h is marked as Dx) at pressing depth (2, 4, 6 mm)

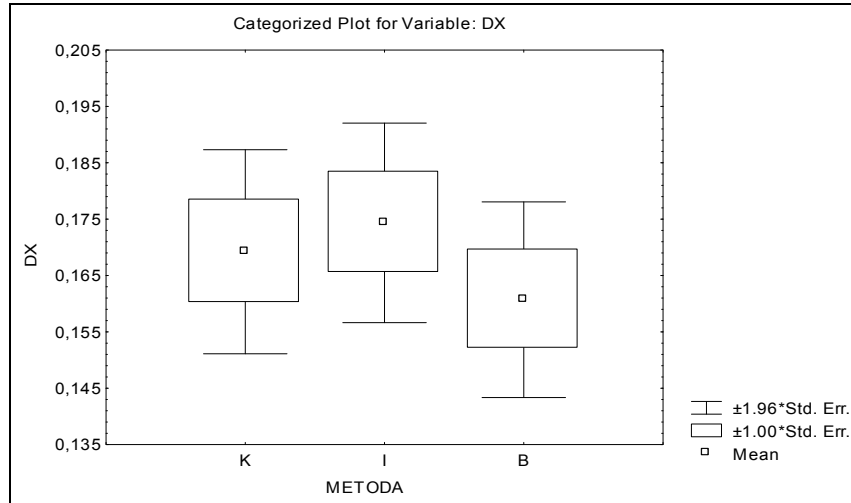


Fig. 11. 95 % intervals reliability of variance analysis for values of residual depth of embossment (h is marked as Dx) at plasticizing method (K, I, B)

We needed evaluative key substituted by number values for statistical evaluation of influencing factors.

Surface quality A – substituted by 1
 B – substituted by 2
 C – substituted by 3

Tab.3 and Fig. 12 shows statistically non-significance of moisture. Fig.13 shows that pressing direction is statistically very significant factor at evaluation of analysis variance. The most suitable pressing direction is direction parallel with grain for wedge pressing to aspen wood surface. Fig.14 inscribes cutting-wedge angle than statistically very

significant factor which can to influence a surface quality. The most suitable pressing direction for surface quality is direction parallel with grain which achieved the best surface quality. The least suitable wedge was wedge with cutting-wedge angle 90°. Fig.15 shows that the most suitable is pressing depth to 2 mm which was statistically significant different from others pressing depths. Figure shows that surface quality get worse with increasing pressing depth. Plasticizing methods were statistically non-significant factors in relation to surface quality (Fig.16).

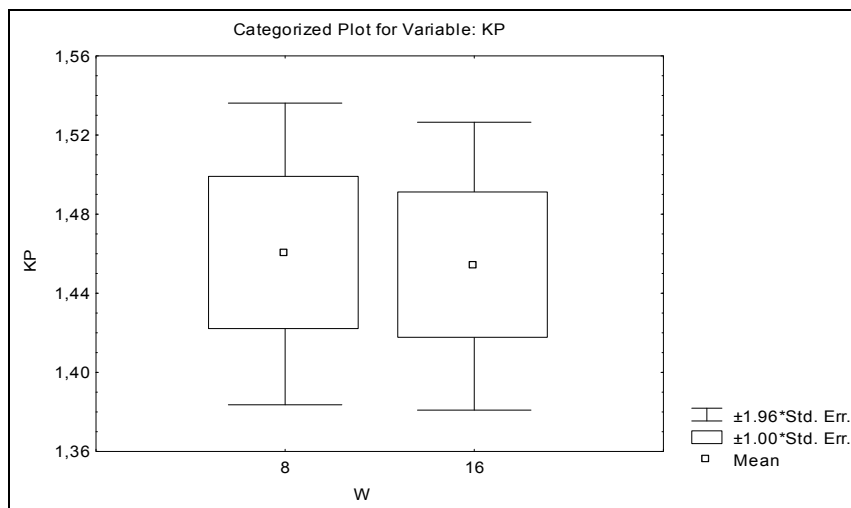


Fig. 12. 95 intervals reliability of surface quality (Kp) at moisture 8% and 16%

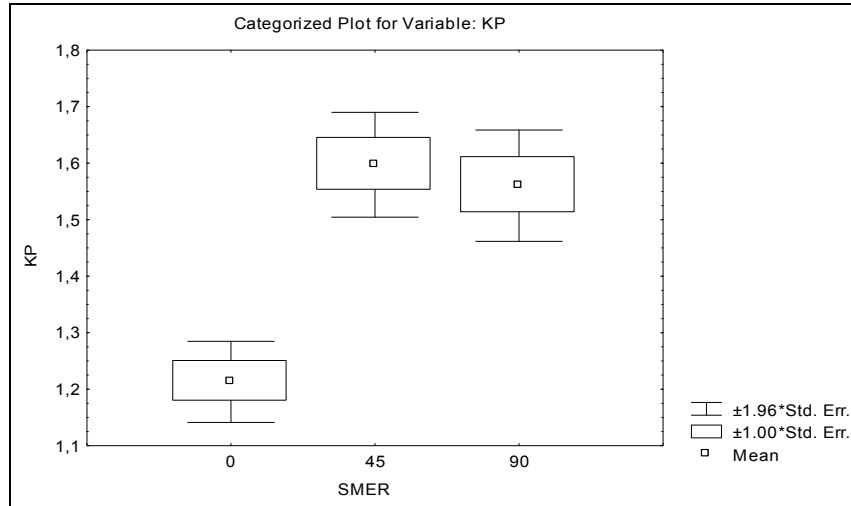


Fig. 13. 95 intervals reliability of surface quality (Kp) at pressing directions 0°, 45°, 90° (parallel with the grain, angle-wise 45°, perpendicular to the grain)

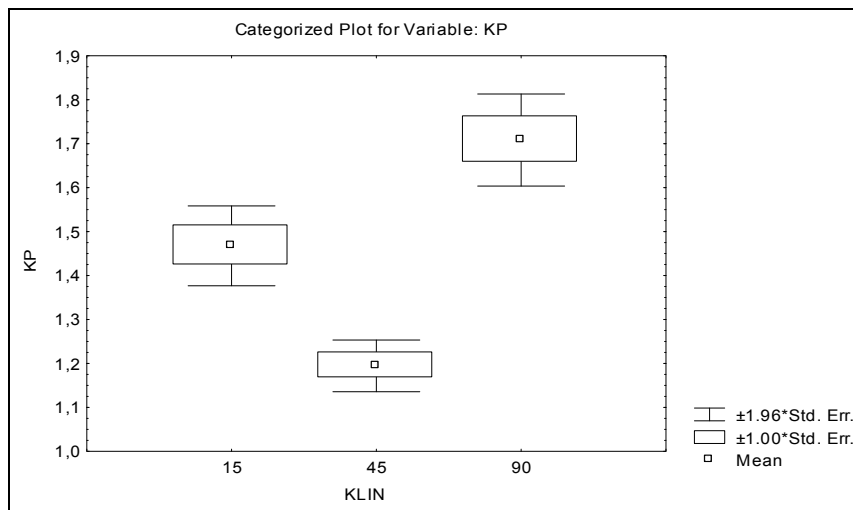


Fig. 14. 95 intervals reliability of surface quality (Kp) at pressing to wood surface with cutting-wedge angle 15°, 45°, 90°

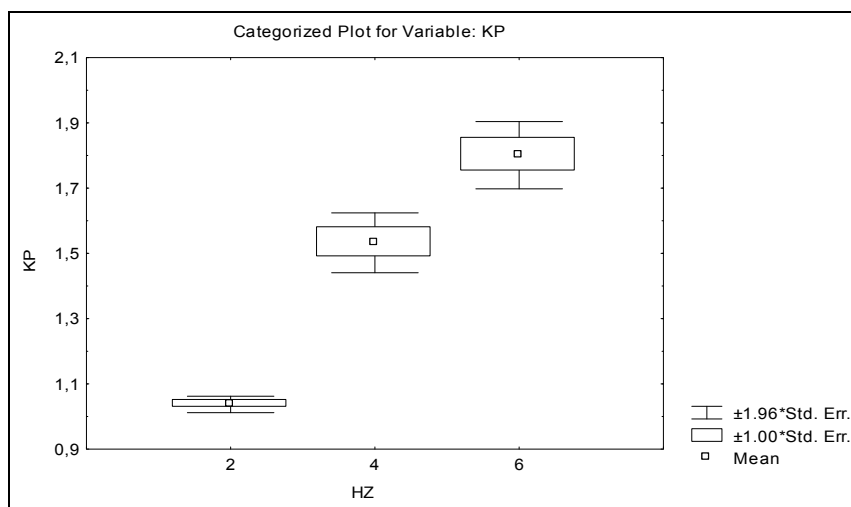


Fig. 15. 95 intervals reliability of surface quality (Kp) at pressing depths 2, 4, 6 mm

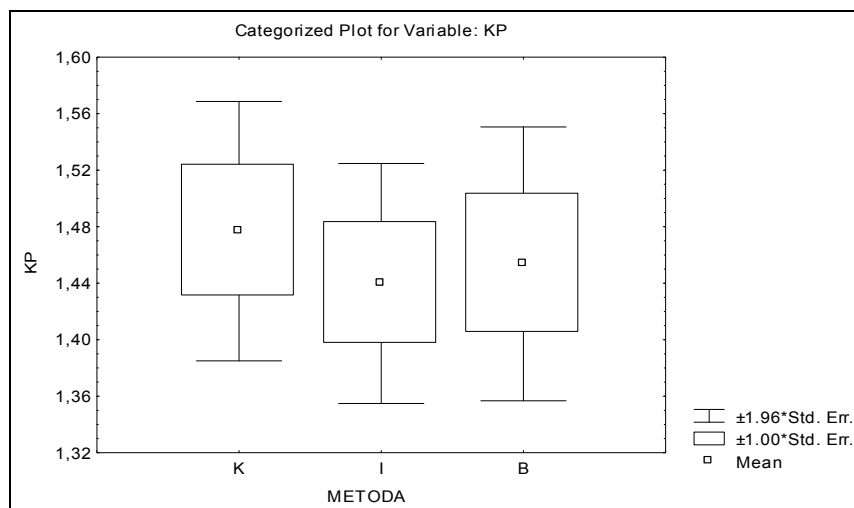


Fig. 16. 95 intervals reliability of surface quality (Kp) at plasticizing methods by resistance heating, IR heating and without heating

In our work we dealt with embossing of wood surface by pressing in relation to wood treatment with IR and resistance heating. The basic evaluative criteria of the influence plasticizing methods were residual depth of embossment and surface quality.

Results confirmed assume that values of residual depth of embossment rise with decreasing of moisture. Dimensional stability rises with moisture decreasing, too. This fact is significantly influenced by plasticizing method and pressing direction. The most suitable plasticizing method is IR heating; the most suitable pressing direction is direction parallel with grain.

The second evaluated criterion of embossing process was surface quality. Surface quality was influenced by these factors: pressing direction, pressing depth and pressing wedge angle. The best surface quality was achieved at pressing direction parallel with grain and cutting-wedge angle 45°.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No.APVV-0282-06“.

References

1. DUBOVSKÝ ET AL.: Textúra, štruktúra a úžitkové vlastnosti dreva. (Návody na cvičenia), Zvolen, Edičné stredisko VŠLD 1998, 106 s.

2. POŽGAJ ET AL.: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda 1993, 468 s.

3. JAKÚBKOVÁ, K.: Vplyv vybraných faktorov na tvarovú stabilitu lisovaného dreva. [Diplomová práca] Zvolen 2003. 77 s.

4. MAJCHRÁKOVÁ, K.: Tvárniteľnosť povrchu dreva lisovaním. [Diplomová práca] Zvolen 1999. 73 s.

5. ZÁHORA, J.: Plastifikácia povrchových vrstiev dreva Ič. ohrevom pre účely reliéfovania. [Diplomová práca] Zvolen 2003, 96 s.

6. ZEMIAR, J., GAFF, M. (2005): Einfluss der gewählten Faktoren auf die Verformbarkeit der Holzoberfläche. [Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – Technologia Drewna]. Poznań, Akademia Rolnicza.

7. ZEMIAR, J., GAŠPARÍK, M., GAFF, M.: Reliefdruck der Holzoberfläche - Identifizierung der Profilform des Reliefs und der Qualität dessen Oberfläche. Poznań, AR, (v tlači), 6 s.

8. GÁBORÍK, J. – DUDAS, J.: The change of properties of aspen wood by mechanical treatment – by pressing. (Zmena vlastností osikového dreva mechanickou úpravou - lisovaním) In.: Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu -Technologia drewna. Poznań 2006. <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue3/art-15.html>