

## Imperfection of the classical winding method of the bobbins

Original Scientific Paper

Received February 2009 • Accepted April 2009

### Abstract

*The classical method of winding bobbins has not changed for a long time now. This winding method could be found on one of the first spinning machines – the mule. The method is not perfect; therefore, high velocities of unwinding bobbins and winding cones could not be reached. Yarn frequently tears in the process of unwinding bobbins and thus negatively influences the process effectiveness. Unwinding the cone part at the back end of a bobbin is very problematic due to the generation of high tension in yarn. The velocity of unwinding must decrease in order to avoid that. Velocity is about 1,200 m/min at the beginning of unwinding and around 500–600 m/min at the end, depending on yarn quality. Consequently, the average velocity of unwinding is approximately 800–900 m/min.*

*This paper presents detailed analyses of imperfections of the classical method of winding bobbins, as well as possible modifications and their consequences by comparing the classical method with the new, UPPW (Universal Precise Package Winding) method. The way the ring rail moves along the spinning tube is changed.*

---

Vodilni avtor/corresponding author:  
**dr. Danilo Jakšič**  
tel.: +386 1 200 32 15  
e-mail: danilo.jaksic@guest.arnes.si

---

Danilo Jakšič<sup>1</sup>, Nikola Jakšič<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

<sup>2</sup> European Commission, DG-JRC, Institute for Energy, Netherland

## Pomanjkljivosti klasične metode navijanja predilniških navitkov

**Izvirni znanstveni članek**

Poslano februar 2009 • Sprejeto april 2009

### Izvleček

Klasična metoda navijanja predilniškega navitka je zelo stara. Metoda ima nekaj bistvenih pomanjkljivosti, ki so ovira za povečanje hitrosti odvijanja preje s predilniškega navitka in posledično hitrosti navijanja preje na križni navitek. Pri odvijanju preje s predilniških navitkov se nit pogosto pretrga, kar zmanjšuje izkoristek previjalnega stroja. Posebno problematično je odvijanje preje s spodnjega jajčasto oblikovanega konusa predilniškega navitka, ker se izjemno poveča obremenitev niti. Da se temu izognemo, moramo zmanjšati hitrost previjanja. Ta je pogosto na začetku odvijanja preje okrog 1200 m/min, proti koncu odvijanja preje pa se mora znižati tudi do 500 m/min. To pomeni, da je povprečna hitrost odvijanja preje s predilniškega navitka med 800 in 900 m/min.

V tem prispevku so analizirane pomanjkljivosti klasične metode navijanja preje na predilniško cevko in oblikovanje predilniškega navitka ter so nakazane možnosti odpravljanja teh pomanjkljivosti z uporabo nove metode UPPW (Univerzal Precise Package Winding). Prikazane so tudi kakovostne prednosti uporabe UPPW metode navijanja. Pri metodi UPPW je spremenjen način vodenja niti vzdolž predilniške cevke pri navijanju. Vodilo (prstanski voz) niti se pri metodi UPPW giblje od spodaj (začetek navitka in navijanja) navzgor proti zgornjemu koncu predilniške cevke tako, da je najdaljša oziroma visoka, prva (liha) plast navite preje. Naslednje plasti so krajše in se tako tvorita spodnji in zgornji konus predilniškega navitka.

**Ključne besede:** predilniški navitek, metoda navijanja, hitrost odvijanja, primerjalne prednosti, prstanski predilnik

*Now it is moving up from the lower part of the spinning tube to the upper end of a bobbin. In consequence, the first (odd) layer of yarn is the longest of all layers in the bobbin. In this way, the conical shape on both bobbin ends is formed.*

*Keywords: bobbin, winding method, velocity of unwinding, advantages of the new method, ring spinning frame.*

## 1 Introduction

*Some improvements have been conducted recently, especially with regard to the design of spinning machines, and the shape and form of winding bobbins. At the last ITMA'07 in Munich, Toyota pointed out a special form of the back side conical part of a bobbin wound on its spinning machine. However, this does not change the basic method of winding bobbins and the unwinding velocity cannot increase in the process.*

*The balloon control mechanisms, which enable higher unwinding velocities and decrease the number of yarn breaks, are added to cone winding machines (Murata, Schlafhorst, Savio). For this reason, Savio uses shorter spinning tubes, while Schlafhorst uses long spinning tubes, i.e. up to 28 cm for coarse yarns. In spite of balloon control, the number of yarn breaks is relatively high, thus limiting the unwinding velocity. The unwinding velocity is programmed in the way that it is about 1,200 m/min at the beginning of unwinding. When the conical part at the back side of a bobbin is beginning to unwind, velocity drops to around 500–600 m/min, depending on yarn quality. The bobbin is often not fully unwound and in consequence, the design of the winder is not optimal.*

*It would be normal to expect designers to be the first to analyse the form and structure of bobbins in order to establish what should be changed in the winder design, such as the ring spinning frame to get regular constant winding velocity, e.g. about 1,400 m/min.*

## 1 Uvod

Na zadnji Itmi (ITMA'07) v Münchnu je Toyota poudarila modifikacijo oblikovanja spodnjega konusa predilniškega navitka kot poseben dosežek. Res je, da spodnji konus ni bil konus v dobesednem pomenu, ampak je imel jajčasto obliko, kot pri drugih izdelovalcih prstanskih predilnikov. S tem so morda nekaj pridobili na estetiki, ki bistveno ne vpliva na zmanjšanje obremenitve niti pri previjanju na križne navitke. Ta je posledica hitrosti odvijanja in seveda strukture predilniškega navitka.

Pri previjalniku so vpeljali motilo balona. Fiksni (Schlafhorst) in premični zvon (Murata) sta omogočila precejšnje povečanje hitrosti odvijanja predilniškega navitka. Za bolj grobo prejo uporablja Schlafhorst tudi do 28 cm dolge cevke. Ne glede na motilo balona je pretrgov še vedno izjemno veliko. Hitrost odvijanja preje s predilniških navitkov je programirana tako, da se začne preja odvijati na primer s 1.200 m/min in se proti koncu odvijanja zmanjša na okrog 500 m/min, kar je seveda odvisno tudi od kakovosti preje. Pogosto nekaj neodvite preje ostane na cevki v spodnjem konusu predilniškega navitka. Torej lahko sklepamo, da konstrukcija previjalnika ni optimalno prilagojena navijanju preje na predilniško cevko, iz katere se oblikuje predilniški navitek. Normalno bi bilo pričakovati, da konstruktorji previjalnikov najprej analizirajo obliko in strukturo predilniškega navitka, in ugotovijo, kaj je treba spremeniti, da bi lahko na primer odvijali prejo s predilniškega navitka s stalno hitrostjo 1400 m/min. Lahko bi bila tudi rešitev takšna, da bi začeli odvijati s hitrostjo 2000 m/min in potem zniževali hitrost na 1400 m/min tako, da bi obremenitev niti ostala približno konstantna.

## 2 Analiza strukture in oblike klasičnega predilniškega navitka

V tem prispevku je podana teoretična razlaga pomanjkljivosti klasičnega načina navijanja preje na predilniške cevke. Končni produkt tega navijanja je predilniški navitek, ki ga poznamo danes. Te pomanjkljivosti pridejo do izraza pri previjanju preje s predilniških navitkov na križne. Teorija vključuje navijanje in odvijanje predilniških navitkov.

Teorija in postopek ali način navijanja preje na predilniške cevke (v nadaljevanju bomo zaradi poenostavitve govorili o navijanju in odvijanju predilniških navitkov) sta sestavna dela metode navijanja predilniških navitkov. V nadaljevanju bomo uporabljali za sedanjí način navijanja preje na predilniške cevke oziroma navijanje predilniških navitkov izraz „klasična metoda navijanja predilniških navitkov“. Lahko primerjamo dve metodi navijanja predilniških navitkov: klasično metodo in metodo UPPW. Cevka, na katero navijamo prejo in oblikujemo predilniški navitek, je pokončno postavljena na prstanskem predilniku. Začnemo jo navijati od spod-

## 2 Analysis of the form and structure of the bobbin winding by classical method

*The theoretical background of the deficiency of the classical method is presented in this section.*

*The end product of this style of winding is the bobbin we know today. The deficiency comes to light when unwinding the bobbin. The theory presented below encompasses the winding and the unwinding of bobbins.*

*The procedures and ways of winding and unwinding on tubes are based on theory and are both integral parts of any unwinding method. The term 'classical method' will be used for the present approach of winding and unwinding of bobbins. A comparison of the two winding methods, i.e. classical and UPPW, follows below.*

*The spinning tube for winding a bobbin is placed vertically on the ring spinning machine. The winding process begins from the back-end and continues towards the front. The length of the yarn layer is between 2 and 5 cm. The odd layers are wound from the bottom to top and the even ones in the opposite direction. In the process of spinning and winding, the ring rail moves up (winding the odd layer) and down (winding the even layer); nevertheless, the ring rail changes direction before the starting point of the first odd layer and moves up over the ending point of the first odd layer. The conical form is achieved in this way on both ends of the bobbin.*

*Bobbins wound in this way show some imperfections:*

- Layers are too short and thus quite numerous, which consequently causes frequent changing of the ring rail moving direction and high accelerations.*
- Steep slope of the front conical part.*
- Increased distance between the yarn guide and the beginning point of the odd layer to be unwound.*
- The angular velocity oscillates in the unwinding process for each layer in the bobbin.*
- The average angular velocity of unwinding (the start of moving yarn) is at the back of the conical part of a bobbin.*

njega konca proti zgornjemu. Plasti preje, ki jih navijamo, so dolge oziroma visoke, največkrat, od 2 do 5 cm. Najkrajše so na začetku navijanja spodnjega, jajčasto oblikovanega konusa. Liha ali polnilna plast se navija od spodaj navzgor, soda ali ločilna plast pa v nasprotni smeri. Ko se navije prva liha ali polnilna plast, se predilnemu vozu spremeni smer gibanja in se začne navijati prva soda ali ločilna plast. Predilni voz se giblje navzdol in se zaustavi ter spremeni smer gibanja, preden doseže začetno točko navijanja prve lihe plasti. Tako se tvori spodnji konus. Ko se začne gibati predilni voz navzgor, se začne navijati druga liha (polnilna) plast. Navijanje te plasti se konča na nižji točki, kot se je končalo navijanje prejšnje lihe plasti. Tako se tvori zgornji konus predilniškega navitka. Zaradi takšnega načina navijanja se pri odvijanju pokaže več pomanjkljivosti, kot so:

- Prekratke plasti, zaradi česar je njihovo število preveliko in se zaradi tega prepogosto spreminja smer gibanja točke, ki je meja med mirovanjem in gibanjem niti, ko se konča odvijanje sode (ločilne) plasti in se začne odvijati liha (polnilna) plast.
- Prestrm zgornji konus, zaradi česar je olajšan zdrs dela ali cele plasti preje s predilniškega navitka.
- Odmikanje točke spremembe smeri odvijanja (konec odvijanja sode – ločilne plasti in začetek odvijanja lihe – polnilne plasti) proč od zgornjega konca navitka.
- Precejšnje nihanje kotne hitrosti med odvijanjem preje s predilniškega navitka vsake plasti preje.
- Povečanje srednje vrednosti kotne hitrosti odvijanja, ko točka spremembe smeri odvijanja (konec odvijanja sode in začetek odvijanja lihe plasti) doseže zgornji konec spodnjega konusa.
- Zmanjševanje kota med površino cevke in nitjo, ki tvori spodnji konec balona.

Te pomanjkljivosti vplivajo na hitrost odvijanja in na izkoristek previjalnika, kot sledi:

- Veliko plasti pogosto pomeni spremembo smeri gibanja točke odvijanja (konec odvijanja sode – ločilne plasti in začetek odvijanja lihe – polnilne) na zgornjem koncu navitka ob površini cevke (največja kotna hitrost). Pri začetku odvijanja lihe plasti, zaradi velikega pospeška, se nekaj začetnih vijačnic „zadrigne“ in se jim poveča korak (razdalja med njimi). Posledica tega je takojšnje povečanje obremenitve niti, kar omejuje hitrost odvijanja.
- Višina zgornjega konusa predilniškega navitka je enaka višini plasti. Pogosto cela plast preje smukne (zdrsne). To se zgodi zaradi mehko navitega navitka, premajhne vrednosti tornega koeficienta med plastmi ali pa zaradi prevelike obremenitve niti.
- Ker se odmika točka začetka odvijanja lihe plasti od zgornjega konca cevke, se pri fiksni legi vodila niti povečuje dolžina balona in s tem obremenitev niti in se tudi poveča verjetnost smuka cele plasti preje.
- Zaradi hitre spremembe kotne hitrosti niha obremenitev niti. Kotna hitrost je največja na začetku odvijanja lihe plasti

– The angle between yarn and the back part of the balloon and the surface of the spinning tube decreases.

The following imperfections influence the velocity of unwinding:

– A consequence of short layers is that the moving direction of the unwinding point (the finish of unwinding the even layer and start of unwinding the odd layer) at the front end of a bobbin on the surface of spinning tube (maximal angle velocity) frequently changes. At the start of unwinding the odd layer, some of the coils are tightened, pressing at the layer below, and the distance between them increases due to the high acceleration. Consequently, the tension in yarn increases and thus disables the bobbin to unwind, e.g. with constant velocity 1,400 m/min.

– The length of the front conical part of a bobbin is equal to the length of a layer. It is not unusual for a slip of a full layer to occur, which is a consequence of softly wound layers, lack of friction between layers, or excessive pressure of coils of the unwinding layer on the layer below.

– In the unwinding process, the average length of the balloon increases (yarn guide or balloon control is fixed in the given position), as does yarn tension. Hence, the probability of a layer slip is increased in this way.

– Due to the quick changes of the moving direction of yarn unwinding point (the finish of unwinding the even layer and start of unwinding the odd layer), the acceleration of the angular velocity is very high as well as yarn tension, and hairy yarn can occur affecting the quality of winding cones. Before starting unwinding the conical part at the back side of a bobbin, the average angular velocity is constant. Weaving fabrics do not appear nice due to hairy yarn.

– When the point of unwinding a bobbin reaches the back conical part of the bobbin, the average angular velocity as well as tension increases. The length of layers in this part of the bobbin decreases and consequently, the frequency of the point of yarn unwinding direction changes increases. The angle between yarn and the spinning surface decreases, while friction and consequently tension in

(neposredno na površini cevke). Obenem so največji pospeški pri začetku odvijanja lihe plasti, kar skupaj povečuje maksimum obremenitve niti v tej točki. Vse to vpliva na kakovost navijanja križnih navitkov. Na tem delu navitka (preden je dosežen zadnji konus) se srednja vrednost kotne hitrosti ne spreminja.

– Zelo hitra sprememba smeri točke odvijanja preje (konec odvijanja sode plasti in začetek odvijanja lihe), povzroči nastanek velikega pospeška gibanja, kar vpliva na povečanje kosmatenja niti. Vse to pa tudi vpliva na kakovost navijanja križnih navitkov. Pred začetkom odvijanja spodnjega konusa je povprečna vrednost kotne hitrosti konstantna.

– Ko odvijanje preje z navitka doseže začetek spodnjega konusa, se začne povečevati srednja vrednost kotne hitrosti in se obenem zmanjšuje višina plasti preje, ki tvori konus. Ker je hitrost odvijanja sorazmerna kotni hitrosti in je obremenitev sorazmerna kvadratu hitrosti odvijanja, se eksponentno (velja tudi potenčna oblika regresijske krivulje) poveča obremenitev niti. Poleg povečanja kotne hitrosti se zmanjšuje kot med nitjo v spodnjem delu balona in površino cevke. Ker se zmanjšuje višina konusa predilniškega navitka, s katerega se odvijajo plasti preje, se poveča tudi frekvenca spremembe smeri gibanja točke odvijanja. Vse to onemogoča realno povečanje začetne hitrosti odvijanja nad 1200 m/min.

### 3 Eksperimentalni rezultati izdelovalca previjalnikov [6]

Na sliki 1 (bombažna preja 14,8 tex, hitrost odvijanja: 1400 m/min) je prikazana krivulja odstotkov odvitega predilniškega navitka – obremenitev niti. Na sliki 1a je prikazan diagram odvijanja predilniškega navitka z uporabo premičnega motila balona (Murata), in na sliki 1b pa z uporabo fiksnega motila balona. Do 75 odstotkov odvitega navitka ni bistvene razlike, le da je zaradi uporabe premičnega motila balona zmanjšano nihanje obremenitve niti. Bistvena pa je razlika v drugem delu krivulje. Obremenitev niti ni več linearna v odvisnosti od odstotka odvite preje, ampak je odvisnost eksponentna oziroma potenčna. S slike 1 je razvidno, da je kritično območje spodnji konus, ko se začeta povečevati srednja vrednost kotne hitrosti in frekvenca spremembe smeri točke odvijanja (začetek odvijanja lihe plasti).

Motilo balona ni pomembno samo zaradi zmanjšanja obremenitve niti, temveč tudi zaradi velikega zmanjšanja števila smukov – slika 2, in kosmatosti – slika 3.

#### 3.1 Primerjava klasičnega z UPPW predilniškim navitkom

Kot je razvidno s slik od 1 do 3, je vpeljava predvsem premičnega motila balona precej izboljšala odvijanje preje s predilniških navitkov. Vendar se z uporabo motila balona nismo izognili smuku preje pri odvijanju, kot tudi ne kosmatosti. Res je, da sta ta dva



yarn increase. Consequently, the unwinding velocity is limited to approximately 1,200 m/min.

### 3 Experimental results of the producer of winders [6]

The curve showing the percentage of an unwound bobbin and yarn tension is presented in Figure 1 (yarn: cotton 14.8 tex, velocity of unwinding: 1,400 m/min). The diagram of unwinding the bobbin with balloon control is presented in Figure 1a and the one without balloon control in Figure 1b. To up to about 75% of unwinding of the bobbin, there is not much difference between these two ways of unwinding. The difference can be noticed in the fluctuation of tension and in tension independent of the percentage of unwinding. In the part of curve between 75–100% of unwinding, the difference can be seen in the fluctuation and value of tension between the two ways of unwinding. The tension dependence on the percentage of unwinding is approximately equal to the polynomial of the fourth degree.

The difference can be explained with the form of the back part of the balloon, which is wider, and the angle between the spinning tube and yarn, which has a higher value with the balloon control than if without it. The balloon control is important not only because it reduces tension, but also because it reduces the number of layer slips and yarn hairiness.

#### 3.1 Comparison between bobbin winding by the classical method and by UPPW one

As it is shown in Figures 1–3, the introduction of balloon control improves the unwinding of bobbins. However, with the introduction of balloon control, layer slips and generation of additional yarn hairiness cannot be fully avoided. Both can be reduced; however, it is not enough for a significant rise in the unwinding velocity, e.g. to the preferred level of 2,000 m/min. Due to numerous yarn breaks near the finish of unwinding bobbins, the unwinding velocity must be reduced, e.g. from the beginning velocity 1,200 m/min to the finish velocity 500–600 m/min, depending on yarn quality.

stranska pojava precej omiljena, a to ni dovolj, da bi povečali hitrost odvijanja, na primer na 2.000 m/min, kar bi bilo zaželeno. Pa tudi sicer je pretrgov precej, zato se mora kljub motilu balona

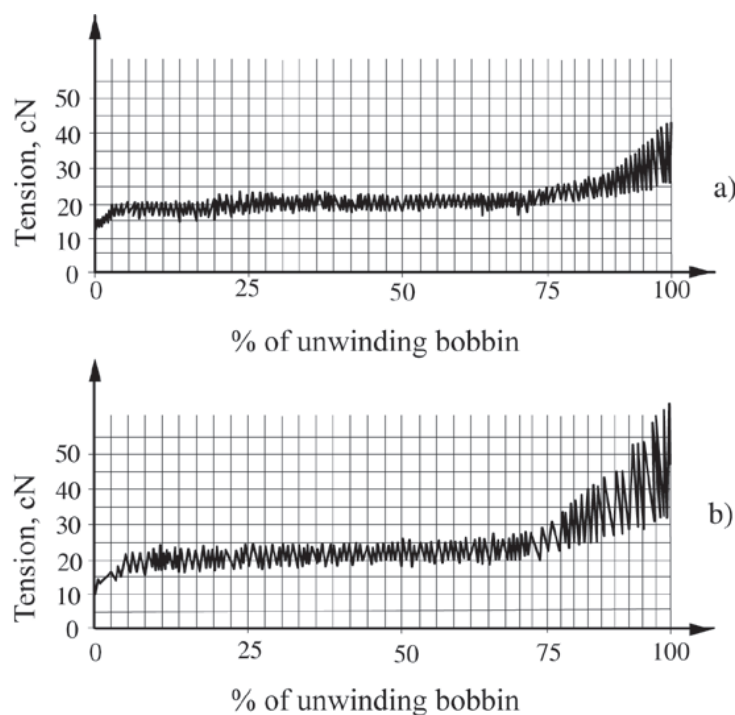


Figure 1: Dependence of yarn tension on the percentage of unwinding of a bobbin

a) – unwinding by employing shifting balloon control; b) – unwinding by employing fixed balloon control

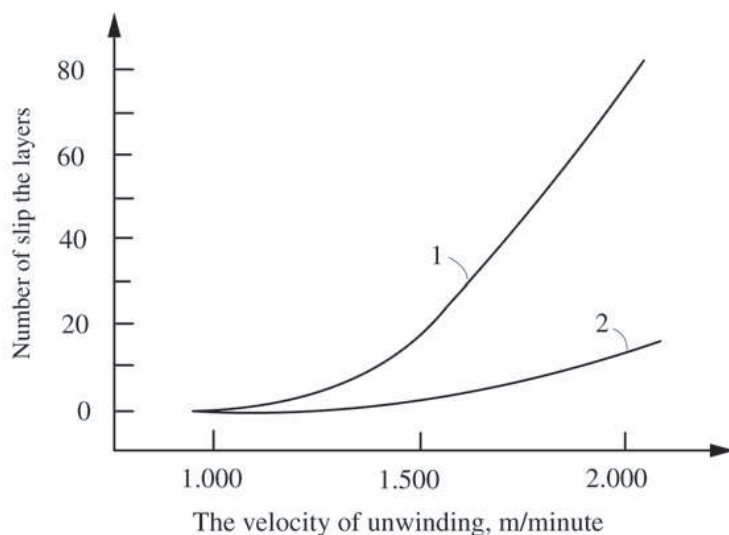


Figure 2: Number of layer slips dependent on the velocity of unwinding of a bobbin

1 – unwinding by employing fixed balloon control; 2 – unwinding by employing shifting balloon control

To avoid imperfections in the classical method of winding bobbins, a new method of winding bobbins and cones has been developed at the Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, University of Ljubljana. The method has been named the UPPW method (The Universal Package Precision Winding Method) [1–3].

It is universal since bobbins and cones can be wound with one or as many as five conical shapes and precise because every layer and a coil in the layer are controlled during winding.

Example: unwinding of PES yarn, 20 tex, break tension: 550 cN. The bobbins are 20.5 cm long. Original bobbins, wound by the classical method are rewound by the UPPW method onto original spinning tubes. The length and mass of the new bobbins are the same as of original bobbins. To compare the two methods, bobbins wound by the classical method were unwinding with velocity 250–1,400 m/min. On the other hand, bobbins wound by the UPPW method were wound on a specially designed winder, which can be mounted on a spinning frame. They were unwound with the velocity 900–1,400 m/min. There was no balloon control in the process of unwinding. The results are shown in Table 1.

The thread guide was set at the fixed distance 7 cm from the front top of the spinning tube. Only one balloon was formed in the process of unwinding.

With regard to yarn tension, there are no significant differences between the two methods at the beginning of unwinding (cf. Table 1). The bobbin wound by the classical method experiences higher average angular velocity, a larger angle between the spinning tube and thread at the back side of the balloon, and shorter average length of the balloon than the bobbin wound by the UPPW method. It seems that the influence of these parameters on tension is the same.

However, the differences are more noticeable at the finish of unwinding. At the unwinding velocity 1,400 m/min, the observed values of thread tension at the UPPW method are 2.8 times lower than the ones observed at the classical method. This fact alone should be enough to advocate the implementation of the UPPW method. When the maximal value of angular

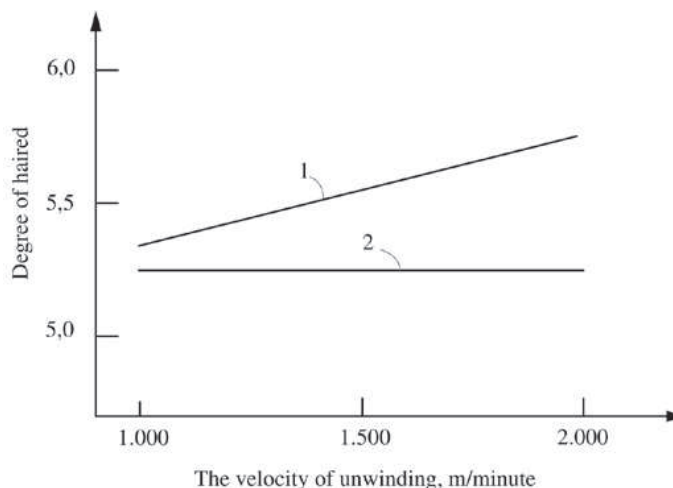


Figure 3: Degree of hairy yarn dependent on the velocity of the unwinding bobbin

1 – unwinding by employing fixed balloon control; 2 – unwinding by employing shifting balloon control

hitrost previjanja postopoma zmanjševati, na primer z začetne vrednosti 1.200 m/min na okrog 500 m/min, kar je odvisno od kakovosti preje.

Za odpravljanje pomanjkljivosti klasične metode navijanja preje na predilniške navitke je bila na Oddelku za tekstilstvo Univerze v Ljubljani razvita nova metoda navijanja predilniških in tudi, pogojno rečeno, križnih navitkov. Zaradi poenostavitve imena je metoda skrajšano poimenovana (v angleščini) UPPW Method [1–3].

Univerzalnost te metode je v tem, da omogoča navijanje predilniških in križnih navitkov z enim do pet konusov. Navijanje je precizijsko, ker je mogoče programirati ne samo navijanje lihih in sodih plasti, temveč tudi navijanje vsakega posameznega navoja preje.

Za primer: Odvijali smo prejo PES, ki ima trdnost 550 cN in finost 20 tex. Predilniški navitki so bili dolgi 20,5 cm. Z originalnih predilniških navitkov je previjana preja na prazne originalne predilniške cevke po metodi UPPW. Zaradi primerjave odvijanja predilniških navitkov, ki so naviti po klasični metodi, in „predilniških“ navitkov, ki so naviti po metodi UPPW, smo odvijali klasične predilniške navitke s hitrostmi odvijanja od 250 do 1400 m/min in „predilniške“ navitke, ki so naviti po metodi UPPW, pa s hitrostmi od 900 do 1400 m/min. Predilniške smo dali pod narekovaj, ker ti niso bili naviti na SpinTesterju ali na prstanskem predilniku, temveč so bili samo previti z originalnih predilniških navitkov tako, da je navijanje na posebnem laboratorijskem univerzalnem (mogoče je navijati tudi velike križne oziroma „hibridne“ navitke) navijalniku potekalo tako, da bi ga lahko implementirali na realnem prstanskem predilniku, ki bi bil prirejen za navijanje po metodi UPPW. Pri odvijanju ni uporabljeno motilo balona. Rezultati so prikazani v preglednici 1.

Table 1: Comparison of thread tension dependent on the velocity of unwinding between a bobbin wound by classical and by UPPW method

Velocity of unwinding m/minute	Tension of the yarn at the beginning of unwinding, cN		Tension of the yarn at the finish of unwinding, cN	
	Classic method	UPPW method	Classic method	UPPW method
250	2.2		5.2	
325	3.2		9.4	
500	3.7		14	
750	6.2		24.2	
900	7.1	6.7	32	15.2
1000	10.5	9.1	42.2	19
1200	12.7	13	60	25
1300	16.5	16	80	33
1400	20.4	20	108	38

velocity was taken into account, the difference was more than 3-fold.

The basic problem of unwinding a bobbin wound by the classical method is in the frequent change of the direction of unwinding. At the end of the unwinding process, at the velocity 1,400 m/min, the frequency is 22 Hz; however, it is only 1 Hz for the bobbin wound by the UPPW method under the same conditions. The change of direction at the end of unwinding the odd layer and at the start of unwinding the even layer is not problematic regarding the load on the unwinding thread. The unwinding of the odd and of the even layer is considered one cycle.

The values of tension at the start and finish of unwinding bobbins can be expressed with regression curves – unwinding the classically wound bobbin with the exponent curve and the bobbin wound by the UPPW method with the power curve. It should be noted that the curve belonging to the classical method is composed of two distinctively different parts. Consequently, there are four regression curves as follows (Equation 1–4),

where  $f(x)$  is tension depending on the unwinding velocity,  $x$ ;

$R$  is a correlation coefficient;

Pri odvijanju je bilo vodilo niti oddaljeno od prednjega konca cevke le 7 cm in je bilo fiksno postavljeno. Pri odvijanju se je tvoril le en balon.

Kot je razvidno iz preglednice 1, se vrednosti obremenitve niti na začetku odvijanja ne razlikujejo. Pri klasičnem navitku je povprečna kotna hitrost (rad/s) večja kot pri navitku UPPW. Vendar je pri navitku, ki je navit po metodi UPPW, večja srednja dolžina balona. Če bi upoštevali največjo dolžino balona preje pri navitku, ki je navit po metodi UPPW, in maksimalno kotno hitrost navitka, ki je navit po klasični metodi, bi tudi tukaj bile precejšnje razlike obremenitve, ker je obremenitev sorazmerna kvadratu kotne hitrosti in premo sorazmerna dolžini balona preje.

Proti koncu odvijanja pa so razlike izrazite. Pri hitrosti odvijanja 1400 m/min navitek, navit po metodi UPPW, kaže 2,8-krat manjšo obremenitev niti kot navitek, ki je navit po klasični metodi. To bi bil zadosten razlog za uporabo metode UPPW pri prstanskem predilniku. Ko smo upoštevali največjo vrednost kotne hitrosti, ko je točka odvijanja na površini cevke, smo dobili več kot trikratno razliko v obremenitvi.

Osnovni problem pri odvijanju predilniškega navitka, ki je navit po klasični metodi navijanja, je v tem, da se proti koncu odvijanja poveča frekvenca spremembe smeri točke odvijanja (začetek odvijanja lihe plasti) celo na 22-krat na sekundo ali na 22 Hz pri hitrosti 1400 m/min. Pod enakimi pogoji se spremeni smer točke odvijanja navitka, ki je navit po metodi UPPW, le 1-krat in je frekvenca le 1 Hz. Pri tem je treba omeniti, da sprememba smeri pri koncu odvijanja lihe plasti in začetek odvijanja sode plasti ni sta problematična glede ustvarjanja obremenitve niti pri odvijanju

Equation 1 – start of unwinding the bobbin wound by the classical method;

Equation 2 – finish of unwinding the bobbin wound by the classical method;

Equation 3 – start of unwinding the bobbin wound by the UPPW method;

Equation 4 – finish of unwinding the bobbin wound by the UPPW method.

As it can be seen in Figure 1, the curve is composed of two regions. The first region is linear and the second one is not. In this case, the back conical part of the bobbin was about 2 cm long, which is 10% of the total length of the bobbin. Hence, three regression curves can be deduced as follows (Equation 5–7),

where  $f(x)$  is tension depending on the percentage of unwinding of the bobbin at the velocity 1,400 m/min;  $x$  is the percentage of unwinding of the bobbin at the same velocity;  $R$  is a correlation coefficient.

The trends in Equations 6 and 7 are in agreement with the theory developed in this paper. The thread tension is approximately proportional to the square of the unwinding velocity (cf. Equations 3 and 4). Since the centrifugal force and the force of air resistance are proportional to the square of unwinding velocity, the results in Equations 3 and 4 (UPPW method) are in agreement with the theory [4–5].

The UPPW method differs from the classical method in layers being wound. The length of the first (odd) layer equals the length of the bobbin. The length of the following layers is gradually shortened. The conical parts are formed in this way on both ends of the bobbin. There are practically no oscillations of tension in comparison to the classical method. The value of tension changes with the length of the balloon. Yarn tension is proportional to the length of the balloon. Therefore, tension increases when unwinding the odd layers and decreases when unwinding the even layers. The angular velocity increases with each unwinding layer due to a decrease in the radius of the bobbin by the diameter of yarn at each pass. The diameter of yarn is usually much smaller than one millimetre and in consequence, the increasing tension in yarn in the process of unwinding is very slow. When the unwinding of an even layer is at its end and the unwinding of an odd layer begins

predilniškega navitka. Odvijanje lihe in sode plasti pomeni en cikel.

Vrednosti obremenitve na začetku in koncu odvijanja predilniških navitkov lahko izrazimo s pomočjo regresijskih krivulj. Odvijanje predilniških navitkov, ki so naviti s klasično metodo, se dobro ujema z eksponentno regresijsko krivuljo. Odvijanje predilniških navitkov, ki so naviti z metodo UPPW, se dobro ujemajo s potenčno regresijsko krivuljo. To pomeni, da imamo štiri regresijske krivulje, kot sledi:

Enačba 1 – začetek odvijanja predilniških navitkov, ki so naviti s klasično metodo:

$$f(x) = 1.5125 \exp(1.83219 x); R^2 = 0.9823; \quad (1)$$

Enačba 2 – konec odvijanja predilniških navitkov, ki so naviti s klasično metodo:

$$f(x) = 3.7734 \exp(0.0023766 x); R^2 = 0.9852; \quad (2)$$

Enačba 3 – začetek odvijanja predilniških navitkov, ki so naviti z metodo UPPW:

$$f(x) = a(x^{2.375189}); a = \exp(-14.23953); R^2 = 0.9944; \quad (3)$$

Enačba 4 – konec odvijanja predilniških navitkov, ki so naviti z metodo UPPW:

$$f(x) = a(x^{2.060186}); a = \exp(-11.29813); R^2 = 0.9942; \quad (4)$$

kjer pomenijo:

$f(x)$  – obremenitev niti v odvisnosti od hitrosti odvijanja,  $x$ ;

$R$  – koeficient korelacije;

Moramo upoštevati dejstvo (slika 1), da krivulja odvijanja predilniškega navitka, ki je navit po klasični metodi, ni enovita, temveč jo sestavljata dve krivulji. Prva kaže linearno odvisnost obremenitve niti od hitrosti odvijanja in druga eksponentno ali potenčno. V našem primeru je spodnji konus predilniškega navitka dolg okrog 2 cm, kar je 10 odstotkov celotne dolžine predilniškega navitka. To krivuljo lahko opišemo s tremi regresijskimi enačbami, kot sledi:

$$f(x) = 0.53095 x + 21.179; R^2 = 0.9981; \quad (5)$$

$$f(x) = a(x^{4.55412}); a = \exp(-16.3229); R^2 = 0.9671; \quad (6)$$

$$f(x) = 0.86373 \exp(0.0480983 x); R^2 = 0.9785; \quad (7)$$

kjer pomenijo:

$f(x)$  – obremenitev niti v odvisnosti od odstotka odvitega navitka pri hitrosti odvijanja 1400 m/min;  $x$  – odstotek odvitega predilni-



at the front end of the bobbin, then a jump in the acceleration value can be observed. In the process of unwinding the even layer, the angle between the surface of the spinning tube and the thread at the back end of the balloon increases and reaches its maximal value at the point of changing the direction of the unwinding process. This lowers the value of maximal tension at the moment when an odd layer is at the beginning of unwinding.

Tension increases due to a rise in the frictional force, which is a consequence of tightening the last few coils. The length or height (depends on the viewpoint) of the balloon between the point of unwinding yarn and the fixed thread guidance decreases. Consequently, the angle between the surface of the tube and the back or bottom part of the balloon increases. The larger the angle, the lower the maximal load at the point where unwinding direction is changed. Hence, the frictional force decreases when the angle increases. The basic principle of the moving balloon control mechanism (Figure 1a) is to 'open' the upper part of the balloon. Thus, the lower part of the balloon widens and the angle between the thread, which forms the balloon, and the tube surface increases. The first few coils to be unwound are therefore much less tightened together and the frictional force is smaller.

The minimal frictional force would be reached if the angle were the right angle, which is certainly not achievable. The limiting case would be if the balloon control covered the entire bobbin [7]. Nevertheless, acceleration exists and is, as with the classical method, a function of unwinding velocity.

There are at least three parameters influencing the value of a tension peak at the beginning of unwinding the odd layers.

- The first parameter is the length of the balloon. At the beginning of unwinding the last odd layer on the bobbin wound with the classical method, the maximum value of the balloon length is reached, while with the UPPW method the balloon length is at its minimum.
- The second parameter is the angle between the surface of the spinning tube and the thread at the back part of the balloon, which depends on the balloon control as well as on the length of the balloon and the angular velocity of the

škega navitka pri hitrosti odvijanja 1400 m/min; R – koeficient korelacije.

Trend, ki ga kažeta enačbi 6 in 7, se dobro ujema s teorijo, ki je bila razvita v tem članku. Na splošno, obremenitev niti je sorazmerna kvadratu hitrosti odvijanja preje. Ker sta centrifugalna sila in sila zračnega upora sorazmerni kvadratu hitrosti odvijanja, so dobljeni rezultati (očitno je pri enačbi 3 in 4) v soglasju s teorijo odvijanja preje z navitkov [4–5].

Metoda navijanja UPPW se razlikuje od klasične predvsem v načinu navijanja plasti. Prva ali liha plast je enaka dolžini navitka. Dolžine naslednjih plasti se postopoma skrajšujejo. Tako se tvorita zgornji in spodnji konus navitka. Pri odvijanju posamezne plasti tako rekoč ni nihanja obremenitve, kot je pri odvijanju predilniškega navitka, ki je navit po klasični metodi. Ta niha zaradi spreminjanja dolžine balona. Ker je obremenitev niti sorazmerna dolžini balona, se povečuje obremenitev pri odvijanju lihih plasti in zmanjšuje pri odvijanju sodih. Kotna hitrost se povečuje po vsaki odviti plasti, ker se polmer navitka zmanjša za debelino niti. Premer niti pa je precej manjši kot 1 mm in je glede na to zelo majhno nihanje obremenitve niti med odvijanjem tega navitka. Točka spremembe smeri odvijanja se po vsaki sodi odviti plasti približuje koncu cevke oziroma fiksni vodilu niti. Ta sprememba smeri točke odvijanja zaradi velikega pospeška povzroči veliko večjo obremenitev niti. Delež povečanja obremenitve pripada torni sili, ki je posledica zožitve nekaj vijačnic lihe plasti zaradi vpliva vlečne sile. Dolžina ali višina balona (odvisno od tega, kako ga opazujemo) med točko začetka odvijanja lihe plasti in fiksnim vodilom niti se skrajšuje. Posledica tega je povečevanje kota med površino cevke in zadnjim oziroma spodnjim delom balona. Čim večji je ta kot, tem manjša je vrednost maksimalne obremenitve v točki spremembe smeri odvijanja oziroma se ustvari manjša vrednost torne sile. Osnova delovanja premičnega motila balona (slika 1a) je v tem, da „odpre“ zgornji del (glede na lego na previjalnem stroju) balona. Razširi se spodnji del in se poveča kot med nitjo, ki tvori balon, in površino cevke. Ustvarijo se pogoji za manj izrazito zadrigo nekaj začetnih navojnic lihe plasti in s tem se ustvarja manjša torna sila pri odvijanju navitka.

Torna sila bi bila najmanjša, če bi bil med spodnjim delom balona in površino cevke pravi kot. Tega seveda ni mogoče doseči. Lahko bi se približali, ko bi motilo balona prekrivalo celotni predilniški navitek [7]. Vendar pospešek niti obstaja kot pri klasično navitem navitku in je odvisen od hitrosti odvijanja.

Tako ugotovimo, da imamo najmanj tri parametre, od katerih je odvisna maksimalna vrednost povečanja obremenitve na začetku odvijanja lihe plasti:

- Prvi parameter je dolžina ali višina balona niti. Na začetku odvijanja zadnje navite lihe plasti v navitku, ki je navit s klasično metodo, ima dolžina balona maksimalno vrednost. Pri metodi UPPW pa je višina balona najmanjša, ko se začne odvijati zadnja liha plast.

thread. The minimum value of the angle at the classical method is reached when unwinding the first odd layer. This is valid when using fixed or shifting balloon control. In the latter case, the angle is somewhat larger. When using the UPPW method, the angle reaches its maximum value under the same conditions.

- The third parameter is angular velocity. It is proportional to the unwinding velocity and can be selected.
- The values of the first and second parameters depend on the method of winding the bobbin. In contrast to the classical method, the UPPW method provides optimal values of these two parameters. No slips of layers or parts of it occur in the process of unwinding the bobbins wound by the UPPW method. Under optimal conditions of unwinding, a yarn break is a rare event.

#### 4 Conclusions

- In comparison with the classical method of winding bobbins, the UPPW method enables an almost double increase in the unwinding velocity. As a consequence, fewer winders are needed.
- The UPPW method increases productivity due to the rarity of thread break event and the absence of layer slips.
- With the progress of unwinding, the length of layers increases and the frequency of direction changes of the unwinding point at the front of the bobbin decreases.
- At the end of unwinding a classical bobbin at velocity 1,400 m/min, when the first odd layer starts unwinding, the frequency of direction changes of the unwinding point increases to 22 Hz. With the bobbin wound by the UPPW method, it is only 1 Hz. The bobbin length was 20.5 cm in both cases.
- There is no danger of stripping off yarn with the UPPW method (the length of the upper and lower cones is practically completely arbitrary); therefore, the coil step can be even 1 mm. This is beneficial at spinning, for a spinning carriage can travel the entire length of the tube. The carriage is travelling slowly in the spinning process. Hence, variations in the velocity of yarn supply are slow and the

- Drugi parameter je kot med površino predilne cevke in nitjo v zadnjem (spodnjem) delu balona. Ta je odvisen od dolžine (višine) balona in kotne hitrosti niti ter vpliva motila balona. Pri odvijanju klasično navitega navitka ima ta kot najmanjšo vrednost pri odvijanju prve lihe plasti. To velja tudi pri uporabi fiksnega ali premičnega motila balona, le da je ta kot večji, posebno pri uporabi premičnega balona. Pri navitku, ki je navit po metodi UPPW, ima ta kot največjo vrednost, ko se začne odvijati prva liha plast.

- Tretji parameter je kotna hitrost. Ta je sorazmerna hitrosti odvijanja in jo lahko izberemo.

Vrednosti prvega in drugega parametra sta odvisni od izbrane metode navijanja predilniških navitkov. Metoda UPPW daje optimalne vrednosti teh parametrov, klasična metoda navijanja predilniških navitkov pa ne. Pri odvijanju predilniškega navitka, ki je navit po metodi UPPW, ne more biti smukanja plasti ali dela plasti in v optimalnih razmerah navijanja se bo nit zelo redko kdaj pretrgala.

Kot vidimo, imamo najmanj tri parametre, od katerih je odvisna maksimalna vrednost povečanja obremenitve na začetku odvijanja lihe plasti:

- Prvi parameter je dolžina ali višina balona niti. Na začetku odvijanja zadnje lihe plasti (prva navita liha plast) v navitku, ki je navit s klasično metodo, ima dolžina balona maksimalno vrednost. Pri metodi UPPW pa je najmanjša višina balona, ko se začne odvijati zadnja liha plast, ki je prva navita.

- Drugi parameter je kot med površino predilne cevke in nitjo v zadnjem (spodnjem) delu balona. Ta je odvisen od dolžine (višine) balona in kotne hitrosti niti ter vpliva motila balona. Pri odvijanju klasično navitega navitka ima ta kot najmanjšo vrednost pri odvijanju prve navite lihe plasti. To velja tudi pri uporabi fiksnega ali premičnega motila balona, le da je ta kot manjši, posebno pri uporabi premičnega balona. Pri navitku, ki je navit po metodi UPPW, ima ta kot največjo vrednost, ko se začne odvijati prva navita liha plast.

- Tretji parameter je kotna hitrost. Ta je sorazmerna hitrosti odvijanja in jo lahko izberemo.

Vrednosti prvega in drugega parametra sta odvisni od izbrane metode navijanja predilniških navitkov. Metoda UPPW daje optimalne vrednosti teh parametrov, klasična metoda navijanja predilniških navitkov pa ne. Pri odvijanju predilniškega navitka, ki je navit po metodi UPPW, ne more priti do smukanja plasti ali dela plasti in v optimalnih razmerah navijanja se bo nit zelo redko kdaj pretrgala.

#### 4 Sklepi

- Metoda UPPW omogoča približno dvakratno povečanje hitrosti previjanja preje s predilniških navitkov na križne. S tem se

*RPM of the spinning tube are low. Variations are necessary for a constant yarn quality and number of coils. In such cases, the frequency at unwinding a bobbin would be 0.15 Hz if the length of the first odd layer were 20.5 cm.*

zmanjša potreba po številu previjalnih enot in se tudi poceni faza previjanja preje.

- Poveča se izkoristek previjalnika, ker ni smukov oziroma jih lahko zanemarimo glede na število smukov pri odvijanju preje s predilniških navitkov, ki so naviti po klasični metodi. To velja tudi za število pretrgov niti.
- Z odvijanjem se zmanjšuje število sprememb smeri (začetek odvijanja lihe plasti) odvijanja niti (frekvenca), ker se povečuje dolžina plasti.
- Proti koncu odvijanja klasičnega predilniškega navitka s hitrostjo 1400 m/min se poveča število sprememb smeri odvijanja niti (začetek odvijanja lihih plasti) na 22 Hz ali 22 spremembe smeri odvijanja v eni sekundi. Pri predilniškem navitku, ki je navit po metodi UPPW, pa se to zgodi le enkrat. V obeh primerih je predilniški navitek dolg 20,5 cm.
- Ker pri predilniškem navitku, ki je navit po metodi UPPW, ni nevarnosti smuka preje (mogoče je tako rekoč poljubno oblikovati višino spodnjega in zgornjega konusa in korak vijačnic ter s tem preprečiti smuk), je lahko zaprto navijanje lihih in sodih plasti tudi s povprečnim korakom vijačnic 1 mm. Lahko bi začeli navijati lihe plasti s korakom vijačnic 0,5 mm in končali s korakom vijačnic 1,5 mm (enakomerno pospešeno gibanje predilniškega voza). Pri sodih plasteh pa je nasprotno. To je ugodno pri predenju, ker se predilniški voz giblje (navijanje prve lihe plasti) na celotni višini navitka. Gibanje predilniškega voza pri enakomerni pospešeni hitrosti predenja je zelo počasno, tako da so počasne tudi spremembe hitrosti dovajanja predpreje in števila vrtljajev predilne cevke. Te spremembe so potrebne, da se dobi konstantna finost preje in konstantno število zavojev. Iz tega izhaja, da ni nikakršne razlike med povprečno gostoto navijanja lihih in sodih plasti in razlike tudi niso potrebne. Tako se izjemno poveča gostota navijanja predilniškega navitka.

## 5 Literatura

1. JAKŠIĆ, D. *Metoda precizijskega navijanja tekstilne preje na navitke z večkratnim spreminjanjem navijalnega razmerja znotraj enega ciklusa navijanja*. Patent št. 22124. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 4. 2007. 24, 7 f., ilustr.
2. JAKŠIĆ, D. *The method of precision winding of textile yarn into packages by frequently changing the wind ratio within one winding cycle*. United States Patent Office application serial no. 11/946,299, November 28, 2007. New York: United States Patent Office, 2008.
3. JAKŠIĆ, D. *The method of precision winding of textile yarn into packages by frequently changing the wind ratio within one winding cycle*. European patent application no. 07021674.2, date 11.06.2008, Bulletin 2008/04. [S.l.]: +Europäisches Patentamt: European Patent Office: Office européen des brevets, 2008. 2 f.

4. PRAČEK, S., JAKŠIČ, D. Yarn unwinding from packages – a discussion on the kinematic and dynamic properties of yarn. *Strojniški vestnik*, 2005, vol. 51, no. 2, p. 74–89.
5. PRAČEK, S. Theory of string motion in the textile process of yarn unwinding. *International Journal of Nonlinear Sciences. & Numerical Simulation*, 2007, vol. 8, no. 3, p. 451–460.
6. [www.muratec.jp](http://www.muratec.jp)
7. JAKŠIČ, D. *Priprava osnove in votka za tkanje*. Ljubljana : Oddelek za tekstilstvo, NTF, Univerza v Ljubljani, 2001, str. 60–65.