

Mechanické vlastnosti ocelových kordů

Michal Bartl

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal BARTL**
Osobní číslo: **T07320**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Mechanické vlastnosti ocelových kordů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Popište metodiku měření při použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů
3. Provedte experimentální zkoušky na trhacím stroji ZWICK
4. Provedte vyhodnocení experimentálních zkoušek

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Rulík, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Mechanické vlastnosti ocelových kordů“ se zabývá základními mechanickými zkouškami materiálů a jejich prováděním. Dále také různými druhy povrchových úprav a použitím ocelových kordů, jejich uplatněním a kontrolou.

V praktické části jsou popsány vzorky ocelových kordů použitých k testování. Naměřené hodnoty jsou vyhodnoceny a porovnány s údaji od výrobce. Měření bylo provedeno na zkušební stroji ZWICK1456 za použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů.

Klíčová slova:

Mechanické zkoušky, povrchová úprava, kordy a pneumatika.

ABSTRACT

This bachelor thesis, which is named "Mechanical features of steel tire cords" is dealing with the basic mechanical material tests and their implementation. Also it includes different types of possible coatings, usage of such cords, their application and examination.

In the practical part, the steel cords used for testing are being described. Measured values are evaluated and compared with the reading done by the manufacturer. The measuring was done on testing machine ZWICK1456, with the usage of jaws for tensile testing of wires and cords.

Keywords:

Mechanical tests, Surface coating, cords, tire.

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Františku Rulíkovi, CSc. Za odborné vedení, pečlivost a ochotu, s kterou mi pomáhal při práci na této bakalářské práci, a také Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D. za pomoc při práci v laboratoři.

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(1) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VLASTNOSTI KOVŮ A JEJICH ZKOUŠENÍ.....	12
1.1 ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ KOVŮ.....	13
1.2 MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ	14
1.2.1 Zkušební zařízení	15
1.2.2 Zkouška tahem	16
1.2.2.1 Smluvní diagram napětí-deformace	17
1.2.2.2 Určení smluvní meze pevnosti.....	17
1.2.2.3 Určení meze kluzu	18
1.2.3 Zkouška tlakem	18
1.2.4 Zkouška ohybem	19
2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	21
2.1 ZPEVNĚVÁNÍ POVRCHU	21
2.1.1 Plastická deformace.....	21
2.1.2 Povrchové kalení.....	21
2.2 POVLAKOVÁNÍ.....	21
2.3 CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ.....	22
2.3.1 Cementování	22
2.3.2 Nitridování	23
3 KORDY	24
3.1 VÝROBA DRÁTŮ A KORDŮ	24
3.2 POUŽITÍ KORDŮ	24
3.3 PNEUMATIKY A JEJICH ČÁSTI	25
3.4 POPIS KONSTRUKČNÍCH ČÁSTÍ PNEUMATIK.....	25
3.5 ZNAČENÍ SMĚRU VINUTÍ	27
3.6 KONTROLA OCELOVÝCH KORDŮ.....	28
4 CÍLE STANOVENÉ PRO PRAKTICKOU ČÁST.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
5 POPIS STROJE ZWICK.....	31
5.1 METODIKA MĚŘENÍ ZKOUŠKY TAHEM DRÁTŮ A KORDŮ	32
6 VZORKY OCELOVÝCH KORDŮ	34
6.1 ÚDAJE VÝROBCE	34
6.2 ZPRACOVÁNÍ VÝCHOZÍCH ÚDAJŮ	36
7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	38

7.1	NAMĚŘENÉ VELIČINY U KORDŮ	38
7.2	NAMĚŘENÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH DRÁTŮ	42
7.3	POROVNÁNÍ MAXIMÁLNÍ SÍLY	44
8	UKÁZKA PŘETRŽENÝCH VZORKŮ	49
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH NA CD	59

ÚVOD

Téma bakalářské práce je zaměřeno na určení základních vlastností materiálů - kordů pomocí mechanických zkoušek. Mezi tyto zkoušky se řadí zejména zkouška tahem, tlakem a ohybem. Těmito postupy se získávají základní charakteristiky materiálů (mez pevnosti v tahu, tažnost, modul pružnosti v tahu apod.)

Pro zjištění pevnosti v tahu a tažnost, dále také vlivu zapletení ocelových kordů na výslednou pevnost, použijeme univerzální zkušební stroj Zwick a příslušné čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů.

Pro výrobce, kteří používají různé druhy ocelových výztuží, respektive kordů, nejvíce pak pro výrobce pneumatik, je jedním z nejdůležitějších parametrů mez pevnosti v tahu.

V posledních 20-ti letech se automobilový průmysl rozmohl natolik, že téměř v každém regionu České republiky najdeme automobilku. Právě proto se produkce pneumatik tak rapidně zvyšuje a i nároky na ně jsou vyšší. Jak z důvodu větší hmotnosti automobilů tak i z důvodu toho, že automobily jsou čím dál rychlejší. Nedílnou součástí pneumatik jsou kordy, které se velkou měrou podílí na výsledných vlastnostech pneumatiky.

První český automobilový plášť byl vyroben ve Zlíně v roce 1932 v závodech Tomáše Bati pod názvem Baťa. Ochranná známka Barumu vznikla v roce 1946 z počátečních písmen Baťa, Rubena, Matador. V roce 1953 byl ze zestátněného Baťova koncernu – Svitlu – vyčleněn samostatný podnik pro výrobu plášťů pod názvem Rudý říjen. V roce 1972 byla otevřena nově postavená pneumatikárna v Otrokovicích o rozloze 13 hektarů. Již v roce 1989 se změnil status podniku – stala se z něj akciová společnost pod názvem Barum, a.s., a prakticky ihned se začalo připravovat spojení se strategickým partnerem. Tím se stal v roce 1992 koncern Continental. [6]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VLASTNOSTI KOVŮ A JEJICH ZKOUŠENÍ

Vlastnosti kovových materiálů je možno rozdělit na:

Fyzikální

- magnetismus
- tepelná a elektrická vodivost
- supravodivost
- termoelektrický jev
- tepelná roztažnost
- měrné teplo
- radiační vlastnosti

Fyzikálně mechanické

- chemické a elektrochemické
- korozní
- optické
- emisní
- kontaktní a třecí vlastnosti

Mechanické

- pružnost
- pevnost
- houževnatost
- tvrdost
- odolnost proti křehkému a únavovému lomu
- odolnost proti tečení

Technologické

- tvárnost
- obrobitelnost
- svařitelnost
- slévatelnost

Vlastnosti jsou kovovým materiálům dány již v prvovýrobě metalurgickými podmínkami. Při dalším zpracování materiálu se však mění v závislosti na technologickém postupu výroby, který ovlivňuje strukturu materiálu. Podle požadavků praxe se vlastnosti kovových materiálů stále vyvíjejí. Objevují se nové poznatky o některých fyzikálních vlastnostech (supravodivost, superplasticita, tvarová paměť, amorfni stavy v kovech apod.), které mají velký význam pro speciální aplikace. [1]

1.1 Zkoušení vlastností kovů

Zkoušení kovových materiálů je v technické praxi nezbytnou součástí jak vlastního výrobního postupu, tak i kontroly jakosti výrobků a polotovarů. Slouží tedy jak výrobcí, tak i spotřebiteli. Zkoušení materiálu je však také důležitým prostředkem a základem vývojevých a výzkumných prací. [1]

Zkoušení materiálu poskytuje informace pro konstruktéra i technologa o vlastnostech konstrukčních materiálů, o životnosti a provozní spolehlivosti technologických zařízení. Zkoušení materiálů je velmi rozsáhlá oblast technické činnosti, kterou lze podle povahy údajů o materiálech rozdělit na:

- Chemické zkoušky
- Fyzikální zkoušky
- Fyzikálně-chemické zkoušky
- Hodnocení struktury
- Mechanické zkoušky
- Technologické zkoušky
- Defektoskopické zkoušky
- Zkoušky odolnosti proti opotřebení

Pro pevnostní výpočty strojních součástí a zařízení má rozhodující význam soubor vlastností, které se označují jako vlastnosti mechanické. Vyjadřují chování materiálu za působení vnějších sil. [2]

1.2 Mechanické zkoušky materiálů

Mechanické vlastnosti materiálu jsou prakticky čtyři:

- Pružnost
- Plasticita
- Pevnost
- Houževnatost

Mechanických charakteristik je ale mnohem víc. Např. pružnost, za jistých zjednodušujících předpokladů, pro potřeby konstruktéra je popsána následujícími charakteristikami: modulem pružnosti v tahu E , modulem pružnosti ve smyku G , objemovým modulem pružnosti K . Důvod, proč počet vlastností a charakteristik není stejný spočívá v experimentální povaze mechanických charakteristik. Pro experimentální určení libovolné mechanické charakteristiky musíme z daného materiálu vyrobít zkušební těleso a zkoušet vliv vnější síly (zatížení) na toto těleso. Proto mechanické charakteristiky nejsou absolutní konstanty daného materiálu, ale jsou to veličiny, které do jisté míry závisí na podmínkách zkoušky. Výsledky mechanických zkoušek se používají k různým účelům (*tab.1.*)

Uživatelé materiálu používají např. pevnost v tahu, nebo mez kluzu materiálu při pevnostních výpočtech konstrukcí, strojních zařízení apod. Výrobci materiálu používají mechanické charakteristiky pro testování svého výrobku např. ocelových plechů, dávky betonu apod. Na základě výsledků zkoušek je dána záruka mechanických vlastností materiálu. Proto výrobci a uživatelé materiálu a další organizace, které se zabývají materiálem (technologové výroby, výzkumní pracovníci, soudní znalci a vládní organizace) společně vyvíjejí normy pro zkoušky materiálu. V každé zemi existuje instituce, která je pověřena vydáváním národních norem. V české republice je to Český normalizační institut a naše normy jsou označeny ČSN. [3]

Nauka o materiálu	
Zkoušení materiálu	
Konstruování a výpočty (zjišťování materiálových charakteristik)	Výroba a provoz (kontrola kvality, posouzení de- gradace, analýza havárií)

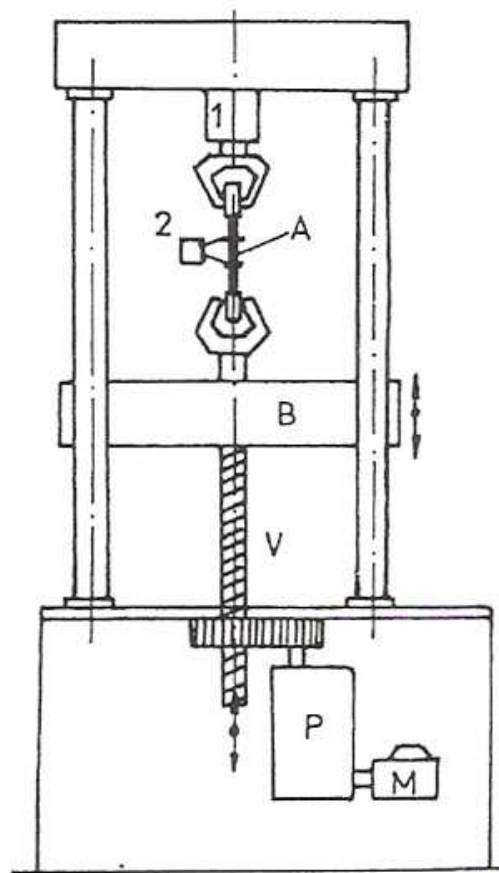
Tab. 1 Použití výsledů mechanických zkoušek

1.2.1 Zkušební zařízení

Univerzální zkušební stroj, na kterém se provádějí tři nejdůležitější zkoušky materiálu, patří k základnímu vybavení laboratoře mechanických zkoušek.

Stroj (*obr. 1*) tvoří pevný rám, v jehož horní části je umístěn dynamometr 1 – zařízení pro měření síly. Zkušební těleso *A* je jedním koncem uchyceno k dynamometru a druhým koncem k pohyblivému příčnicku *B*. Příčnick je uváděn do pohybu motorem *M*, přes vřeteno *V* a převodovou skřín *P*. Při pohybu příčnicku dochází k postupnému zatěžování a deformaci zkušebního tělesa. Deformace tělesa je registrována průtahoměrem 2. Vhodnou úpravou uchycení zkušebního tělesa a průtahoměru se na tomto stroji provádí i ostatní mechanické zkoušky.

Pohon zkušebních strojů může být mechanický nebo hydraulický (stroje pro zatížení větší než 200 kN). Mechanické stroje byly původně vybaveny dynamometry, které měřily sílu na principu mechanické váhy. U hydraulických strojů se síla snímala z hydrostatického tlaku oleje v pracovním válci. Deformace se měřila při desetinásobném zvětšení pohybu příčnicku. Měření malých deformací (citlivost 1 μm až 0,1 μm) a stejně tak i přesné měření síly umožnil až rozvoj elektroniky v padesátých letech, kdy začaly vznikat tzv. elektronické zkušební stroje. [3]



Obr. 1 Univerzální zkušební stroj

1 – dynamometr, 2 – průtahoměr, A – zkušební těleso, B – příčnick, V – vřeteno,

P – převodovka, M – motor

1.2.2 Zkouška tahem

Závislost napětí-deformace se určuje experimentálně zkouškou tahem hladkých zkušebních těles. Zkušební těleso (jednoduchého tvaru, nejčastěji kruhového nebo obdélníkového průřezu) se uchytí do čelistí zkušebního stroje. Na těleso nasadíme průtahoměr. Během zkoušky se ukládá do počítače závislost působící síly F (zatížení snímané dynamometrem) na prodloužení zkušební tyče (snímané průtahoměrem). [3]

1.2.2.1 Smluvní diagram napětí-deformace

Závislosti síla-prodloužení, získané na zkušebních tělesech různých velikostí, zhotovených z jednoho materiálu, je možné přepočítat na jinou závislost smluvní napětí-poměrná deformace podle vztahů:

Smluvní napětí

$$R = \frac{F}{S_0} [MPa] \quad (1)$$

Poměrná deformace

$$\varepsilon = \frac{(L - L_0)}{L_0} [-], \quad \varepsilon = \frac{100(L - L_0)}{L_0} [\%] \quad (2)$$

Kde S_0 je původní průřez zkušebního tělesa, L_0 je původní měrná délka zkušebního tělesa (výraz $L-L_0$ vyjadřuje přírůstek délky L_0 , a proto se často označuje ΔL).

Počáteční úsek diagramu je přímkový a odpovídá elastické deformaci. Tato přímka je popsána Hookeovým zákonem

$$R = E \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

kde E je modul pružnosti v tahu materiálu zkušební tyče. V další části diagramu napětí-deformace dochází k odklonu od přímkové závislosti (v důsledku vzniku plastické deformace). Přírůstek napětí v závislosti na deformaci (deformační zpevnění) postupně klesá až na nulovou hodnotu. Až do tohoto okamžiku se měrná část zkušební tyče deformuje rovnoměrně (dochází k rovnoměrnému zužování průřezu). Další deformace je provázena poklesem napětí a vznikem krčku na měrné části zkušebního tělesa. V praxi se na základě průběhu závislosti smluvní napětí-poměrná deformace vyhodnocují dvě napěťové materiálové charakteristiky, smluvní mez pevnosti a mez kluzu. [3]

1.2.2.2 Určení smluvní meze pevnosti

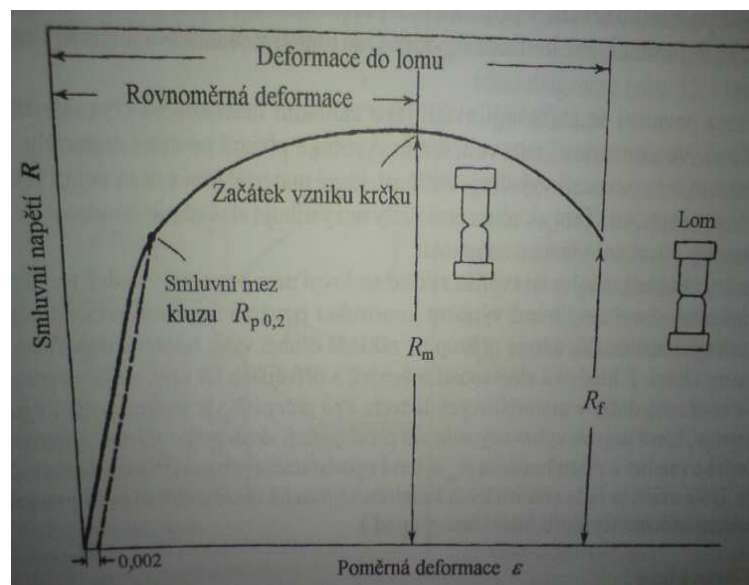
Mez pevnosti R_m je maximální napětí dosažené ve smluvním diagramu napětí-deformace obr. 2, což je poměr hodnot maximální síly dosažené při zkoušce a původního průřezu zkušebního tělesa

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} [MPa] \quad (4)$$

U tvárných materiálů je mez pevnosti dána hodnotou smluvního napětí, při němž se začíná vytvářet na zkušebním tělese krček. K lomu tělesa dojde při smluvním napětí R_f (lomové napětí) až po vzniku krčku. V případě, že k porušení zkušebního tělesa dojde po malé nebo nulové plastické deformaci, pak hodnota R_m odpovídá napětí v okamžiku lomu R_f , což je lomové napětí. Smluvní mez pevnosti se nejčastěji uvádí jako základní mechanická charakteristika určená zkouškou tahem. Ve skutečnosti tato veličina nevystihuje přesně pevnost materiálu. Pro tvárné materiály smluvní mez pevnosti vyjadřuje zatížení, které materiál přenesne za velmi přísných podmínek jednoosé napjatosti. Tato veličina prakticky nevystihuje skutečnou únosnost součástí, které jsou vystaveny působení víceosé napjatosti. [3]

1.2.2.3 Určení meze kluzu

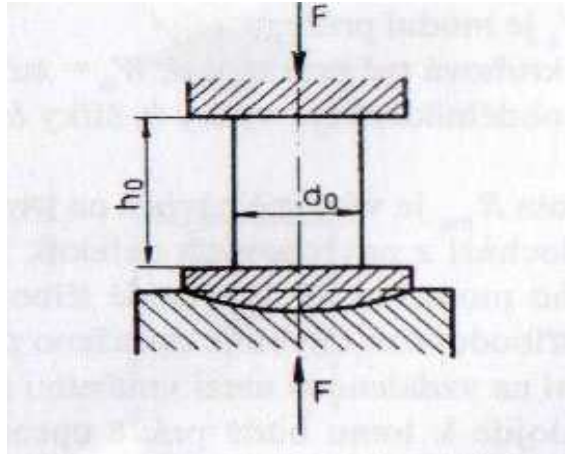
Mez kluzu je napětí při němž začíná vznikat plastická deformace. Podle obr. 2 považujeme za mez kluzu napětí, při kterém dochází k odklonu diagramu od přímky. [3]



Obr. 2 Smluvní diagram napětí-deformace

1.2.3 Zkouška tlakem

Zkušebním tělesem je zpravidla váleček o výšce h_0 a průměru d_0 . Zkušební těleso se položí mezi dvě podložky (obr. 3), z nichž jedna je uložena v kulovém sedle. Kulové sedlo zajišťuje zatížení v ose válečku. Při zkoušce se zaznamenává tlaková síla v závislosti na velikosti stlačení výšky válečku.



Obr. 3 Schéma zatěžování zkušebního tělesa tvaru válečku při zkoušce tlakem

Tlakovou zkouškou se hodnotí pevnost hlavně křehkých materiálů – šedá litina, stavební materiály, kompozice apod.- tj. materiálů které slouží pro výrobu součástí, konstrukcí namáhaných v provozu tlakovým zatěžováním. Základní veličina pevnost v tlaku je dána vztahem:

$$R_{pd} = \frac{F_{pd}}{S_0} [MPa] \quad (5)$$

Kde F_{pd} je síla při porušení a S_0 původní průřez zkušebního tělesa. Pro hodnocení mechanických vlastností tvárných materiálů se běžně používá pouze zkouška tahem. Tlaková zkouška u těchto materiálů má však velký význam pro hodnocení objemové roztažnosti. Podobně jako u zkoušky tahem i v případě tlakové zkoušky se zjišťuje závislost skutečného napětí na skutečné tlakové deformaci. [3]

1.2.4 Zkouška ohybem

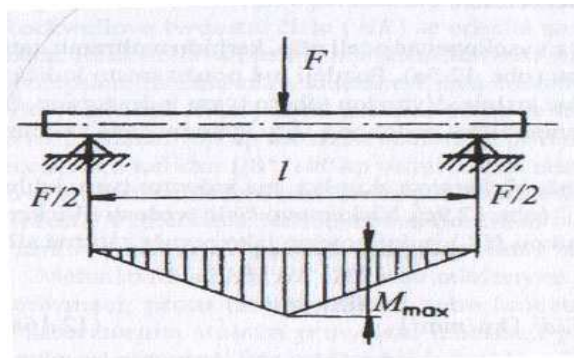
Při zkoušce se zkušební tyč obdélníkového nebo kruhového průřezu položí na dvě opory (zpravidla válečky). Zkušební stroj pracuje v režimu tlakového zatěžování. Horní část přípravku pro ohybovou zkoušku tvoří jeden trn, který působí silou uprostřed zkušební tyče (*obr. 4* zkouška tříbodovým ohybem), nebo dva trny umístěné symetricky vzhledem ke středu tyče (*obr. 5* zkouška čtyřbodovým ohybem). Účelem zkoušky je získat závislost síla-průhyb tyče. Průhyb se měří snímačem přemístění středu tyče vzhledem k nejbližším oporám.

Při průhybu není napětí v průřezu zkušební tyče konstantní, ale mění se. Na povrchu vzorku, proti zatěžovacímu trnu působí maximální tahové napětí. Směrem ke středu tyče napětí klesá na nulovou hodnotu a dále nabývá záporných hodnot tj. je tlakové.

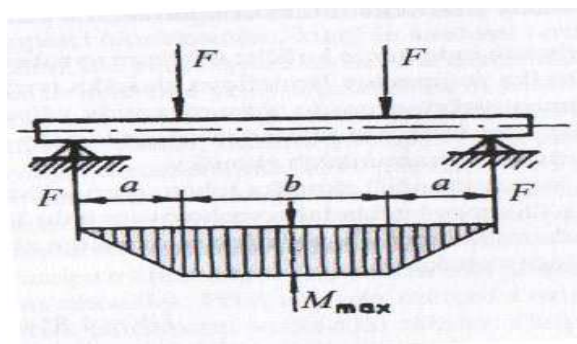
Zkouška se používá pro hodnocení křehkých materiálů např. litiny, konstrukční keramiky apod. Za pevnost v ohybu se bere maximální hodnota tahového napětí působícího na povrchu tyče v okamžiku lomu. Hodnota smluvní pevnosti v ohybu R_{mo} je dána vztahem

$$R_{mo} = \frac{M_{o\max}}{W_0} [MPa] \quad (6)$$

Hodnota R_{mo} je výrazně závislá na kvalitě povrchu zkušební tělesa. U křehkých materiálů k lomu dochází z povrchových defektů. V obr. 4 a 5 je schématicky znázorněn průběh hodnot ohybového momentu M_o v případě tříbodového a čtyřbodového ohybu.



Obr. 4 Zkouška tříbodovým ohybem



Obr. 5 Zkouška čtyřbodovým ohybem

Zkoušky ohybem tvárných materiálů využívají většinou technologové k odhalení existence povrchových trhlin v okolí svarů, zjištění mezní deformace při ohýbání plechů apod. [3]

2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY

2.1 Zpevňování povrchu

2.1.1 Plastická deformace

Zpevnění povrchových vrstev válečkováním a tryskáním je způsobeno plastickou deformací těchto vrstev, která současně vede ke vzniku tlakových pnutí. Velikost a rozdělení těchto tlakových pnutí, stejně jako velikost zpevnění, jsou určeny jak vlastnostmi zpevňovaného materiálu, tak i podmínkami válečkování či tryskání (intenzita, pokrytí, nasycení). Obě technologie ovlivňují vlastnosti povrchových vrstev do hloubky 0,1 až 0,3 mm. Zpevnění a tlaková pnutí výrazně zlepšují vlastnosti materiálů především při cyklickém zatěžování. [3]

2.1.2 Povrchové kalení

Vysoká tvrdost povrchu a dostatečná houževnatost jádra jsou hlavní požadavky kladené na povrchové kalení. Vysoké tvrdosti povrchu se dosáhne jeho rychlým ohřevem - austenitizací povrchové vrstvy a jejím zakalením. Struktura zakalené povrchové vrstvy je martenzitická, zatímco jádro součásti, ve kterém nedošlo k překrytalizaci, je tvořeno měkčí a houževnatější výchozí strukturou, která bývá feriticko-perlitická nebo sorbitická. [3]

2.2 Povlakování

Existují i taková komplexní provozní namáhání, zejména v agresivních prostředcích a za zvýšených či vysokých provozních teplot, anebo zcela specifické požadavky, kdy nepostačují vlastnosti povrchových vrstev získané jejich modifikací. V těchto případech se zvažují i možnosti použití povlaků. Povlakem rozumíme každou látku, která vznikne nebo se nanesne na povrch základního materiálu, přičemž se zvětší alespoň jeden rozměr součásti, např. tloušťka.

Podle tloušťky povlaky dělíme na povlaky tenké (velikost se pohybuje od nm do μm) a na povlaky tlusté (tloušťka nabývá hodnot od desetin mm až po jednotky mm).

Podle chemického a fázového složení se povlaky dále dělí na homogenní a heterogenní, popřípadě jednovrstvé a dvouvrstvé či vícevrstvé. Homogenní jsou tvořeny látkou jednoho typu stejného nebo málo proměnlivého složení. Heterogenní povlaky mají strukturu

tvořenou dvěma či více fázemi různého složení i vlastností. Jsou-li různé fáze nebo proměnná složení jedné fáze uspořádány ve vrstvách, pak se jedná o povlak vícevrstvý.

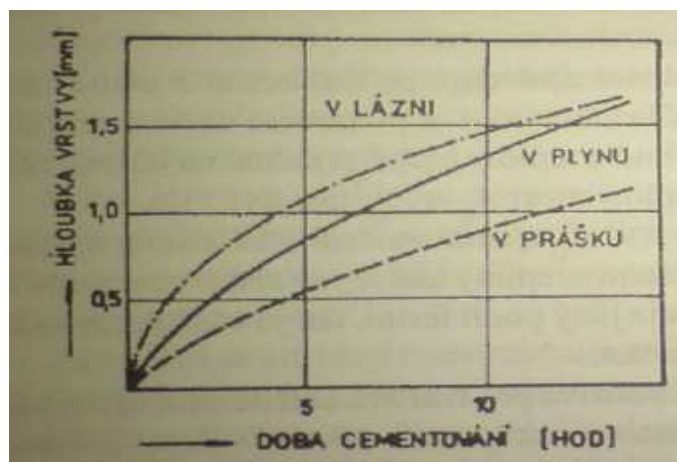
Podle účelu použití se povlaky dělí na korozivzdorné, odolné vůči opotřebení, povlaky se specifickými vlastnostmi a účely použití (vysoká odrazivost či pohltivost světelného záření, definované elektrické, magnetické nebo jiné fyzikální vlastnosti, s velkým či malým koeficientem tření atd.).

Technologie přípravy povlaků můžeme principiálně rozdělit podle toho, v jaké formě se povlak nanáší. Do první skupiny patří metody využívající atomů, iontů a molekul ve formě par. Do druhé skupiny patří nanášení látek ve formě tekutých nebo pevných částic a do třetí skupiny patří užití kompaktních materiálů v pevném stavu. [3]

2.3 Chemicko-tepelné zpracování

2.3.1 Cementování

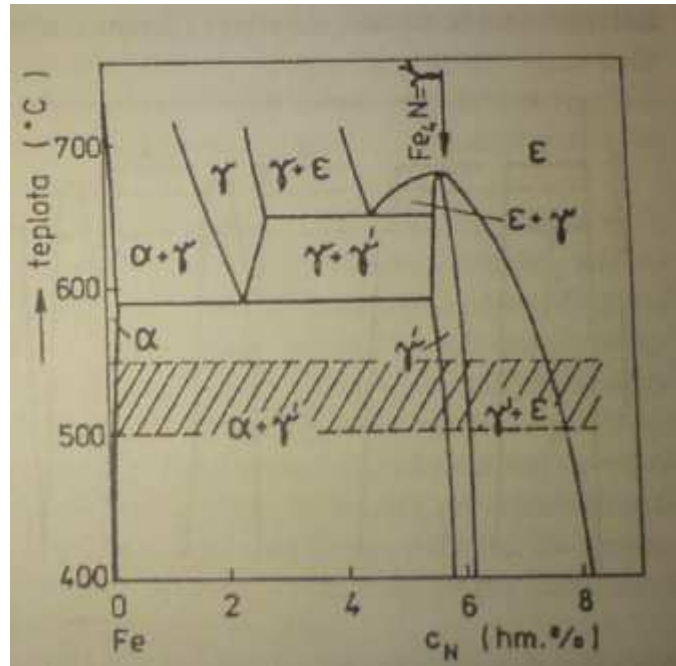
Cementováním se označuje způsob chemicko-tepelného zpracování, při kterém se povrch oceli sytí uhlíkem na eutektoidní, popř. těsně nadeutektoidní koncentraci (obvykle 0,8 až 1,0 hm.% uhlíku). Vysoké povrchové tvrdosti cementovaných součástí (až 800 HV) se dosahuje jejich následným kalením a nízkoteplotním popouštěním, zatímco jádro zůstává relativně houževnaté, neboť k cementování se převážně používají oceli s obsahem uhlíku v rozmezí 0,10 až 0,25 hm.%. Cementuje se ve třech základních prostředích a to je v lázni, v plynu a v prášku. Každé prostředí má jiný vliv na cementovanou součást viz. obr. 6. [3]



Obr.6 Hloubka cementační vrstvy v závislosti na době cementace v uvedených prostředích

2.3.2 Nitridování

Nitridováním se rozumí sycení povrchu oceli dusíkem, přičemž vysoké povrchové tvrdosti se dosahuje již během vlastního sycení povrchu v důsledku vzniku jemných a velmi tvrdých intersticiálních chemických sloučenin dusíku se železem a s některými přísadovými kovy (zpravidla nitridy nebo karbonitridy). Základní představu o struktuře nitridované vrstvy lze získat z rovnovážného diagramu $Fe-N$ viz. obr.7. [3]



Obr. 7 Část rovnovážného diagramu $Fe-N$, oblast nitridace vyšrafována

3 KORDY

3.1 Výroba drátů a kordů

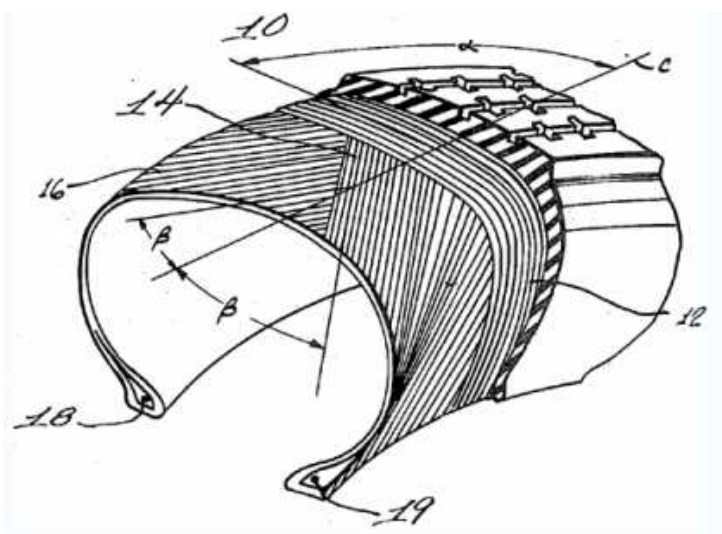
Kordový drát se používá k výrobě ocelových kordů do automobilových pneumatik, dopravních pásů a tlakových hadic. Vyrábí se z vysokouhlíkové oceli s vysokými požadavky na kvalitu, její zkoušení a kontrolu. Tažením za studena se získá drát až o průměru $0,15\text{ mm}$ a pevnosti až 4000 MPa . Materiál splňuje přísné požadavky na dynamické namáhání. [9]

3.2 Použití kordů

Kordová tkanina tvoří kostru pneumatiky, kordy se zanáší do gumové směsi na tzv. kalandrech.

U diagonálních pneumatik se šikmo překřížují dvě nebo více vrstev nad sebou (pozice 14 a 16 na obrázku 8). Často se kombinuje vrstva textilního s vrstvou ocelového kordu. Diagonální pneumatiky se asi od roku 1980 používají jen u zemědělských strojů a (ve speciálním provedení) u závodních aut.

U radiálních pneumatik jsou jednotlivé vrstvy kordů kladeny jak naznačuje pozice 12 na obrázku 8. Radiální pneumatiky mají oproti diagonálním u osobních automobilů nejméně dvojnásobnou životnost, proto se dnes výhradně používají.



Obr. 8 Schéma uložení kordů v pneumatice

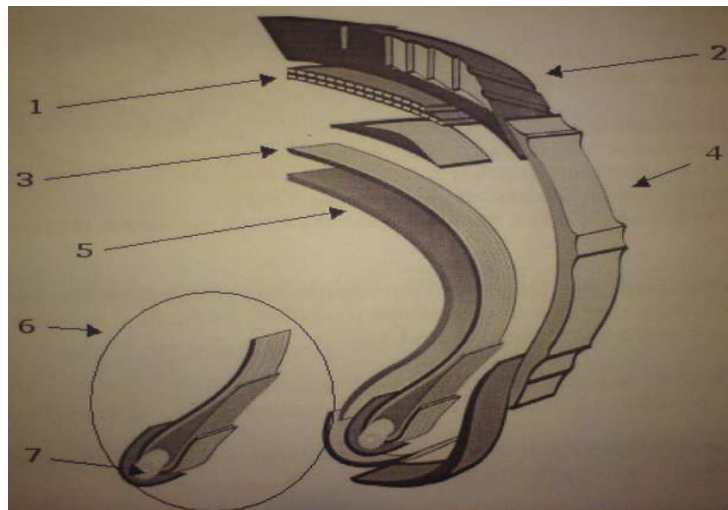
Pneumatiky (pláště) na jízdní kola mají kostru z jednotlivých syntetických nití vložených jako pásy osnovy (bez útku) většinou ve dvou vrstvách nad sebou do kaučukového obalu.

Netkané kordy, tedy pásy z jednotlivých nití se používají také na zpevnění klínových a ozubených řemenů, hadic, kabelů a podobných výrobků.

Velkovýroba kordů do pneumatik v České republice je ve Velké nad Veličkou. [5]

3.3 Pneumatiky a jejich části

Každá pneumatika se skládá ze tří hlavních komponentů: pryž (80-85%), různá vlákna (12-15%) a ocelový kord (2-3%). Soudobá pneumatika je vlastně vyztužený pryžový kompozit. Pláště pro osobní i nákladní automobily se skládají ze čtyř hlavních částí: koruna, křídlo, bok a patka. Základní struktura pneumatiky je na obr.9 a detailní konstrukce pneumatiky v příloze 1. [8]



Obr. 9 Základní struktura pneumatiky

1. korunní kordová vrstva, 2. běhoun, 3. radiální kordová vrstva, 4. bočnice, 5. vnitřní gumová vrstva 6. patka, 7. patní lano. [8]

3.4 Popis konstrukčních částí pneumatik

Běhoun je část pláště opatřená vzorkem a zajišťující styk s vozovkou. Jeho tloušťka má vliv na zahřívání pneumatiky, a z toho důvodu by měl být co nejtenčí. V praxi se tedy tloušťka běhounu volí tak, že drážka tvoří přibližně 80% a hmota asi 20%. To však neplatí

u pláštěů pro nákladní vozidla, u nichž je většinou běhoun konstruován pro možnost dalšího prořezání dezénu. U pláštěů pro osobní vozy je prořezávání zakázáno.

Nárazník tvoří přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Jeho úkolem je stabilizovat běhoun v obvodovém směru a zvyšovat odolnost pláště proti průrazu. U nákladních automobilů se používají v průměru tři až čtyři, u osobních pak většinou dvě nárazníkové vrstvy. Radiální pneumatiky mají dnes již téměř výhradně nárazník z ocelového kordu (pneumatiky steel).

Kostra pláště je základní část pláště, tvořená kordovými vložkami zakotvených kolem lan. Její stavba a složení určují základní vlastnosti pláště. Velmi důležitou částí kostry jsou vlastní kordová vlákna. V průběhu vývoje pláštěů se změnil jednak systém kladení vláken (od křížové tkaniny v dávné historii k paralelnímu kladení netkaných kordových vláken v současnosti) a jednak materiál. Vývojově prvním používaným materiálem byl irský len, později nahrazený bavlnou. U těchto materiálů se však projevovaly nečistoty přírodních materiálů (nehomogenita, závislost na vlhkosti apod.), a proto se s příchodem umělých vláken a ocelového kordu od jejich dalšího použití upustilo. Stále se však u některých typů pneumatik používá smluvní vyjádření pevnosti kostry a nosnosti pneumatiky, tzv. Ply Rating (*PR*), kde číslo přidružené k *PR* značí, z kolika vrstev bavlněného kordu by musel být plášť zhotoven, aby měl stejnou nosnost jako plášť označený příslušnou hodnotou *PR*.

Dnes se tedy k výrobě kordových vláken používají nejčastěji:

- Rayon, což je obchodní název pro umělé hedvábí
- Polyesterový kord
- Ocelový kord
- Polyamidový kord
- U speciálních, např. sportovních pláštěů pak nová syntetická vlákna, např. kevlar.

U označení pláštěů Steel je tedy ocelovým kordem vyztužen pouze nárazník. U pláštěů All Steel je i samotná kostra pláště tvořena ocelovým kordem.

Patka pláště je zesílená část pláště dosedající na ráfek. Její jádro tvoří patní lano vyrobené z vysoko pevnostního ocelového drátu. Patka slouží k zakotvení kordových vložek a zajišťuje bezpečné usazení pláště na ráfku.

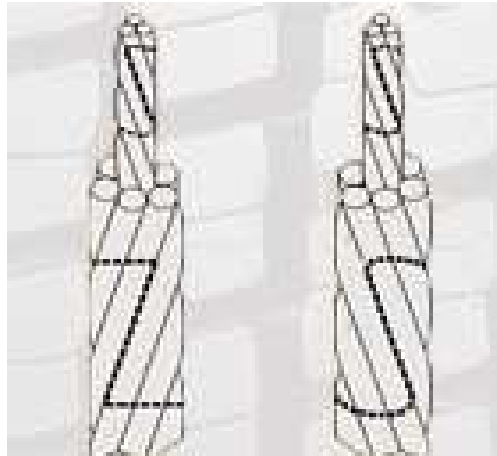
Podle uspořádání kostry se pláště dělí na:

- radiální
- diagonální
- plášť smíšené konstrukce.

U diagonálního pláště se při zatížení a následné deformaci kordová vlákna neprodlužují, ale posouvají a namáhají pryž mezi nimi na střih. Tím dochází k většímu vývinu tepla, čemuž odpovídá známý fakt, že se diagonální pneumatika během provozu více zahřívá. Obecně se však radiální plášť od diagonálního díky své konstrukci liší ve dvou základních rysech, jejichž spolupůsobení má za následek lepší vlastnosti „radiálek“. Prvním je menší boční tuhost, která způsobuje, že při zatížení boční silou zůstává větší část radiálního pláště ve styku s vozovkou. Druhým z těchto rysů je pak, díky nárazníkům, větší obvodová tuhost pláště. Z těchto důvodů se dnes již prakticky stoprocentně používají pláště radiální konstrukce. Výjimku tvoří pláště používané u zemědělské mechanizace a především pak u zemních strojů. Pro ně je charakteristické, že se pohybují malými rychlostmi a přenášejí velké boční síly, a proto je zde diagonální plášť vhodnější. [6]

3.5 Značení směru vinutí

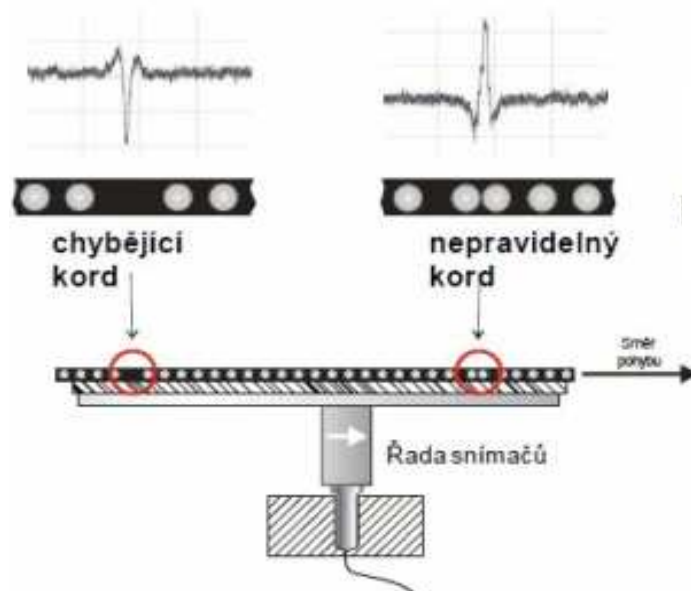
Směr vinutí kordu je buď levostranný značící se písmenem „S“ (při pohledu na kord se směr vinutí shoduje se sklonem střední části písmene S), nebo pravostranný značící se písmenem „Z“ (při pohledu na kord se směr vinutí shoduje se sklonem střední části písmene Z). U označení kordu jsou vždy za písmeny označujícími směr vinutí čísla, která určují na jaké vzdálenosti se drát v kordu otočí jednou kolem osy kordu. Tato vinutí se mohou i vzájemně kombinovat. Pokud jsou vinutí shodná, jedná se o typ SS nebo ZZ. Pokud se vinutí liší, jedná se o typ SZ nebo ZS (*obr.10*).



Obr. 10 Značení směru vinutí

3.6 Kontrola ocelových kordů

Systém indikace chybného rozložení ocelových kordů v polotovaru pro výrobu pneumatik pracuje tak, že pás projíždí po řadě snímačů, které na obrazovce zobrazí pravidelnost rozložení kordů. Při chybějícím kordu nebo velké mezeře mezi dvěma kordy se na obrazovce zobrazí velké echo směřující dolů. Při velké hustotě kordů směřuje echo naopak nahoru. Viz obr.11 [7]



Obr. 11 Systém identifikace

4 CÍLE STANOVENÉ PRO PRAKTICKOU ČÁST

V praktické části této bakalářské práce chci zjistit pevnost v tahu u různých druhů kordů a porovnat ji s informacemi, které jsem získal od výrobců. Dále se zaměřím na to, zda-li zapletení kordů má vliv na jejich výslednou pevnost. Současně provedu porovnání a vyhodnocení dalších mechanických vlastností kordů, které získám při experimentální zkoušce tahem na univerzálním stroji ZWICK. Experimentální zkoušku provedu za použití čelistí navržených pro zkoušku tahem drátů a kordů s tím, že popíši i metodiku měření.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POPIS STROJE ZWICK

Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456 (*obr. 12*) se skládá ze základové desky, stolu, rámu s pojezdovými tyčemi, na kterých je umístěn příčník a extenzometr pro přesnější měření hodnot protažení zkušebních těles (eliminace nedostatků v tuhosti soustavy stroje). Součástí stroje je také počítač vyhodnocující naměřené hodnoty pomocí programu TestExpert Master, teplotní komora a různé druhy čelistí. Spodní čelist je pevně uchycena ke stolu stroje a horní čelist je upevněna na posunujícím se příčníku. Maximální rychlost horní čelisti při probíhající zkoušce je 800 mm/min. Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456 je o celkové výšce 2012 mm a šířce 630 mm (hloubka se mění podle polohy teplotní komory) s celkovou hmotností 150 kg. Dokáže vyvinout maximální sílu 20 kN. V laboratořích ústavu výrobního inženýrství na Univerzitě Tomáše Bati se používá zejména pro zkoušení polymerních materiálů na tah. Při zvolení vhodných čelisti lze zkoušet tělesa i na tlak i ohyb. Zkoušky lze provádět jak za okolní, tak za snížené nebo zvýšené teploty v teplotní komoře (-80 až 250°C).



Obr. 12 Stroj ZWICK 1456

Pro měření ocelových kordů byly na stroj ZWICK 1456 připevněny čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů (obr. 13). Každá čelist se skládá ze dvou tvarových upínacích desek, mezi které se vkládá jeden z konců zkoušeného vzorku. Upevnění se zajistí pomocí dvou šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Zkoušený kord se 1x obmotá kolem kladky. Mezi čelisti se umístí extenzometr pro přesné odečtení modulu pružnosti E.



Obr. 13 Upínací čelisti

5.1 Metodika měření zkoušky tahem drátů a kordů

Měření tahem drátů a kordů jsem prováděl při následujících podmínkách:

Teplota v místnosti	23°C
Vzdálenost čelistí	145 mm
Rychlost posuvu čelisti	10 mm/min
Vzdálenost extenzometru	20 mm

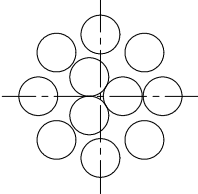

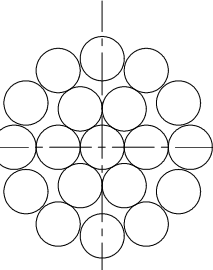

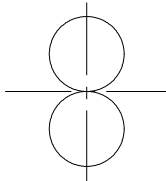

Pro vlastní experiment jsem zvolil následující postup:

1. Každý typ kordu jsem nastříhal na patnáct vzorků a každý průměr drátu na deset cca metrových vzorků.
2. Pomocí programu TestXpert tlačítkem „LE“ jsem nastavil čelisti do předepsané vzdálenosti 145 mm.
3. Do programu TestXpert se může vždy zadat pouze jeden průměr měřeného vzorku. Z toho důvodu jsem u daného kordu spočítal počet drátů a změřil 15krát jejich průměr. Z těchto měření jsem vypočítal aritmetický průměr a následně obsah plochy průřezu jednotlivého drátu v kordu. Získanou hodnotu plochy průřezu jsem vynásobil počtem drátů v kordu. Z tohoto údaje jsem zpětně spočítal tomu odpovídající průměr (dále označen jako nosný). Tak jsem získal průměr, který představuje plochu průřezu celého kordu po eliminaci volných míst mezi jednotlivými dráty. Tento průměr jsem pak zapsal do programu. Podrobněji viz kapitola 6.2.
4. Dále jsem v programu nastavil předzatěžující sílu o hodnotě 10 N pro eliminaci nedokonalého upnutí.
5. Upnul jsem vzorek kordu do čelistí takovým způsobem, aby byl vzorek napnutý. Při tom jsem jej 1x obtočil kolem kladky a dával pozor, aby nebyl překřížen. U vzorků s malým průměrem jsem mezi upínací desky vložil tvrdý papír, abych zabránil případnému poškození či přestřihnutí drážkováním u upínacích desek.
6. V programu TestXpert pomocí tlačítka „Force 0“ jsem vynuloval působící sílu a spustil jsem měření pomocí tlačítka „Start“.
7. Po skončení měření jsem stiskl tlačítko „LE“ pro přiblížení čelistí do přednastavené polohy a zkontroloval, zda se vzorek přetrhl mezi čelistmi. Povolil jsem šrouby upínacích desek a přetržený vzorek vyměnil za nový.
8. Měření jsem takto provedl pro všechny vzorky jak kordů, tak drátů.

6 VZORKY OCELOVÝCH KORDŮ

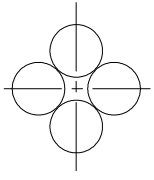

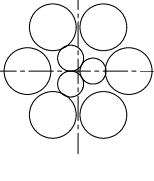

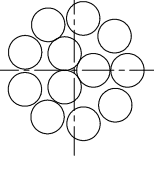

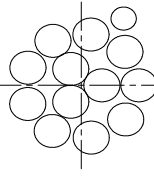

6.1 Údaje výrobce

Pro experimentální zkoušky jsem použil 7 různých typů kordů, které jsou popsány spolu s údaji výrobce v následující tabulce.

Uspořádání drátů v kordu	Název	Hodnota	Jednotka
 	Typ číslo 1		
	Kord	3 x 0,35 + 8 x 0,35	-
	Délka vinutí	14	mm
	Směr vinutí	S	-
	Průměr kordu	1,32	mm
	Obsah průřezu kordu	1,368	mm ²
	Nosný obsah kordu	1,058	mm ²
	Nosný průměr kordu	1,161	mm
	Lineární hustota	6,74	g/m
	Mezní zatížení NT	-	N
	Mezní zatížení HT	-	N
	 	Typ číslo 2	
Kord		1 x 0,22 + 18 x 0,20	-
Délka vinutí		12,5	mm
Směr vinutí		Z	-
Průměr kordu		1,02	mm
Obsah průřezu kordu		0,817	mm ²
Nosný obsah kordu		0,604	mm ²
Nosný průměr kordu		0,876	Mm
Lineární hustota		4,84	g/m
Mezní zatížení NT		1945	N
Mezní zatížení HT		1655	N
 		Typ číslo 3	
	Kord	2 x 0,30	-
	Délka vinutí	14	Mm
	Směr vinutí	S	-
	Průměr kordu	0,6	Mm
	Obsah průřezu kordu	0,283	mm ²
	Nosný obsah kordu	0,141	mm ²
	Nosný průměr kordu	0,424	Mm
	Lineární hustota	1,12	g/m
	Mezní zatížení NT	445	N
	Mezní zatížení HT	365	N

Tab. 2 Hodnoty výrobce, pokračují

Pokračování

Uspořádání drátů v kordu	Název	Hodnota	Jednotka
 	Typ číslo 4		
	Kord	2 + 2 x 0,32	-
	Délka vinutí	10	Mm
	Směr vinutí	S	-
	Průměr korku	0,83	Mm
	Obsah průřezu korku	0,541	mm ²
	Nosný obsah korku	0,322	mm ²
	Nosný průměr korku	0,64	Mm
	Lineární hustota	2,57	g/m
	Mezní zatížení NT	880	N
	Mezní zatížení HT	745	N
	 	Typ číslo 5	
Kord		3 x 0,20 + 6 x 0,35	-
Délka vinutí		10 18	Mm
Směr vinutí		S Z	-
Průměr korku		1,13	Mm
Obsah průřezu korku		1,003	mm ²
Nosný obsah korku		0,672	mm ²
Nosný průměr korku		0,924	Mm
Lineární hustota		5,37	g/m
Mezní zatížení NT		1990	N
Mezní zatížení HT		1470	N
 		Typ číslo 6	
	Kord	3 x 0,20 + 9 x 0,175	-
	Délka vinutí	10 10	Mm
	Směr vinutí	S S	-
	Průměr korku	0,75	Mm
	Obsah průřezu korku	0,442	mm ²
	Nosný obsah korku	0,311	mm ²
	Nosný průměr korku	0,607	Mm
	Lineární hustota	2,49	g/m
	Mezní zatížení NT	1020	N
	Mezní zatížení HT	-	N
	 	Typ číslo 7	
Kord		3 + 9 x 0,22 + 0,15	-
Délka vinutí		6,3 12,5 3,5	Mm
Směr vinutí		S S Z	-
Průměr korku		1,17	Mm
Obsah průřezu korku		1,075	mm ²
Nosný obsah korku		0,474	mm ²
Nosný průměr korku		0,777	Mm
Lineární hustota		3,85	g/m
Mezní zatížení NT		1210	N
Mezní zatížení HT		-	N

Tab. 3 Hodnoty výrobce

6.2 Zpracování výchozích údajů

Program TestXpert nemá nastavení na trháni svazků drátů, ale pouze jednotlivého drátu. Do programu se musí zadávat průměr trhaného drátu pro výpočet modulu pružnosti v tahu. Z toho důvodu jsem u všech sedmi typů kordů vypočítal obsah S_{li} jednotlivého drátu podle vzorce:

$$S_{li} = \frac{\pi \cdot D_{li}^2}{4} \quad (6)$$

Daný obsah S_l jsem vynásobil počtem drátů v kordu.

$$S_l = S_{li} \cdot n \quad (7)$$

Za předpokladu, že se v kordu vyskytují různé průměry drátů, dostanu celkový obsah sečtením všech obsahů:

$$S = \sum S_i \quad (8)$$

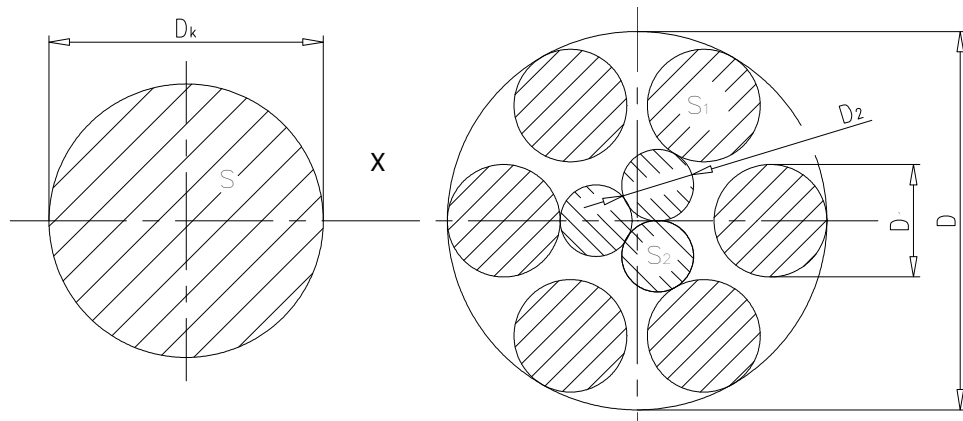
Z nosného obsahu S jsem zpětně stanovil nosný průměr kordu.

$$D_k = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (9)$$

Tímto výpočtem jsem eliminoval volný prostor mezi dráty v kordu a tím i „znehodnocení“ modulu pružnosti změřeného při této zkoušce.

Pro úplnost uvádím příklad výpočtu nosného průměru kordu typu č. 5 kde se vyskytují dva různé průměry drátu. Pak podle vztahu (6) až (9) dostaneme:

5. kord – 3 x 0,2mm + 6 x 0,35mm



$$S_{1i} = \frac{\pi \cdot D_{1i}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ mm}^2$$

$$S_{2i} = \frac{\pi \cdot D_{2i}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} = 0,0962 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = S_{1i} \cdot n_1 = 0,0314 \cdot 3 = 0,094 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = S_{2i} \cdot n_2 = 0,0962 \cdot 6 = 0,577 \text{ mm}^2$$

$$S = \sum S_i = 0,095 + 0,577 = 0,672 \text{ mm}^2$$

$$D_k = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,672}{\pi}} = \underline{0,924 \text{ mm}}$$

Nosný průměr kordu se rovná 0,924 mm.

7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

7.1 Naměřené veličiny u kordů

Při měření jsem zjistil mimo jiné následující veličiny:

Maximální sílu při přetržení	- F_k [N]
Maximální napětí při přetržení	- σ_k [MPa]
Modul pružnosti v tahu	- E_k [MPa]
Tažnost kordu	- A_k [%]

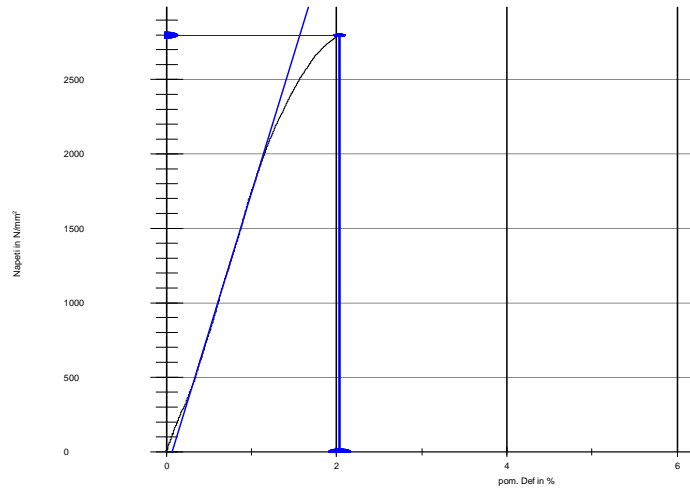
Tyto veličiny uvádím v následujícím formátu:

Průměrná hodnota	- \bar{x}
Směrodatná odchylka	- s
Poměr směrodatné odchylky a průměrné hodnoty	- v
Dolní kvartil	- DK
Medián	- M
Horní kvartil	- HK

K dispozici jsem měl 7 typů kordů od každého 15 vzorků, z naměřených a vypočtených hodnot jsem sestavil přehledné tabulky. Tyto tabulky jsou uvedeny v následující části bakalářské práce. Příklad zpracování tabulky pro typ 1 je uveden v příloze PII, zpracování tabulek pro zbylé typy je uvedeno s veškerými naměřenými hodnotami v příloze na CD. Každá tabulka je doplněna tahovým diagramem charakteristickým pro daný typ kordu. Veškeré hodnoty uvedené v následujících tabulkách jsou odhady.

Kord: 3 + 8 x 0,35	x	DK	M	HK	s	v
F_k [N]	2845,17	2786,15	2890,43	2908,84	103,08	3,62
σ_k [MPa]	2687,54	2631,78	2730,29	2747,67	97,37	3,62
E_k [MPa]	194953,1	182015,5	189952,5	200714,3	22064,96	11,32
A_k [%]	1,71	1,56	1,765	1,79	0,18	10,63

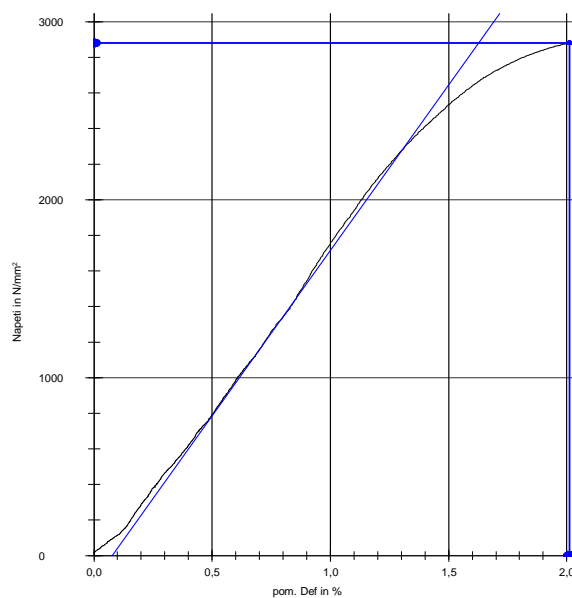
Tab. 4 Naměřené hodnoty typu 1



Obr. 14 Charakteristický tahový diagram typu 1

Kord: 0,22 + 18 x 0,20	X	DK	M	HK	s	v
F_k [N]	1606,14	1526,36	1671,21	1705,35	125,42	7,81
σ_k [MPa]	2664,93	2532,55	2772,9	2829,54	208,1	7,81
E_k [MPa]	202737,5	187243,6	197546,3	217546,8	33012,25	16,28
A_k [%]	1,65	1,46	1,615	1,76	0,24	14,45

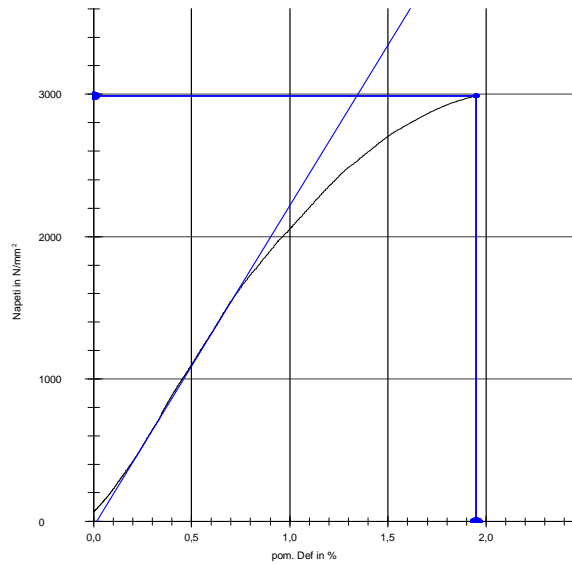
Tab. 5 Naměřené hodnoty typu 2



Obr. 15 Charakteristický tahový diagram typu 2

Kord: 2 x 0,30	x	DK	M	HK	S	v
F_k [N]	430,29	427,28	432,1	433,01	4,74	1,1
σ_k [MPa]	3047,47	3026,1	3060,24	3066,68	33,6	1,1
E_k [MPa]	193476,8	181501,4	194784,9	207936,9	21089,71	10,9
A_k [%]	2,46	2,01	2,45	2,86	0,46	18,52

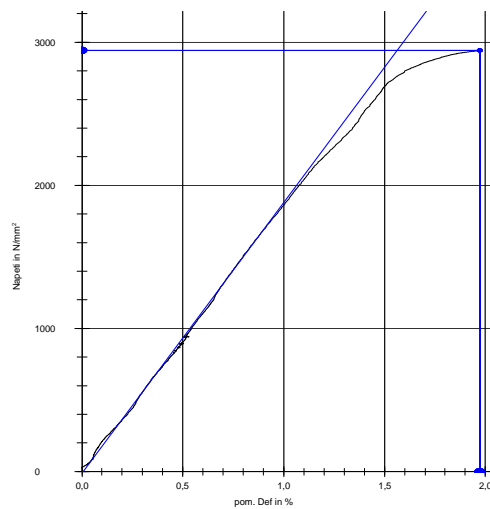
Tab. 6 Naměřené hodnoty typu 3



Obr. 16 Charakteristický tahový diagram typu 3

Kord: 2 + 2 x 0,32	x	DK	M	HK	S	v
F_k [N]	934,03	929,2	934,69	944,25	11,74	1,26
σ_k [MPa]	2903,42	2888,42	2905,48	2935,19	36,49	1,26
E_k [MPa]	173378,5	152974,5	180827,6	188347,9	31413,07	18,12
A_k [%]	2,1	1,795	2,04	2,29	0,49	23,53

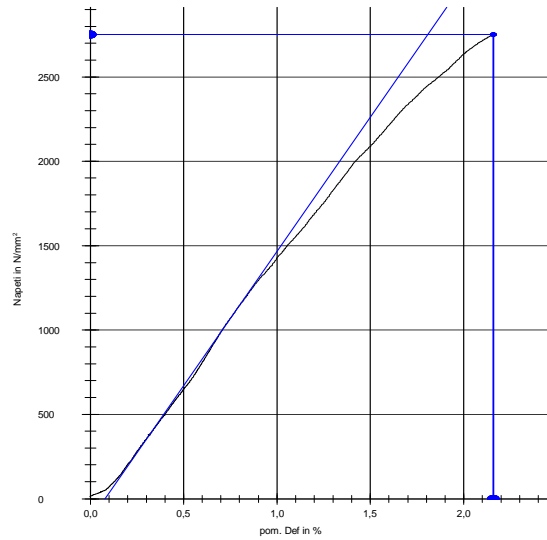
Tab. 7 Naměřené hodnoty typu 4



Obr. 17 Charakteristický tahový diagram typu 4

Kord: 3 x 0,20 + 6 x 0,35	x	DK	M	HK	S	v
F_k [N]	1748,37	1708,41	1747,6	1799,07	74,59	4,27
σ_k [MPa]	2607,35	2547,75	2606,21	2682,95	111,23	4,27
E_k [MPa]	187662,1	158660,7	191949,7	201274,1	35291,8	18,81
A_k [%]	1,72	1,465	1,615	2,02	0,41	24,04

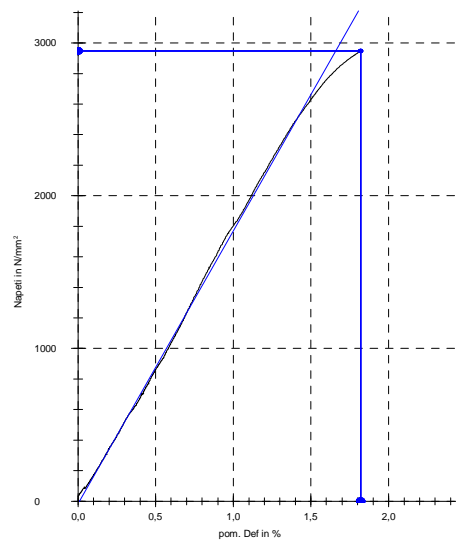
Tab. 8 Naměřené hodnoty typu 5



Obr. 18 Charakteristický tahový diagram typu 5

Kord: 3 x 0,20 + 9 x 0,175	x	DK	M	HK	S	v
F_k [N]	863,55	856,41	860,77	872,11	12,09	1,4
σ_k [MPa]	2984,14	2959,49	2974,55	3013,73	41,77	1,4
E_k [MPa]	190567,2	165983,7	186591,2	207853,4	31195,52	16,37
A_k [%]	1,87	1,75	1,83	1,99	0,21	11,15

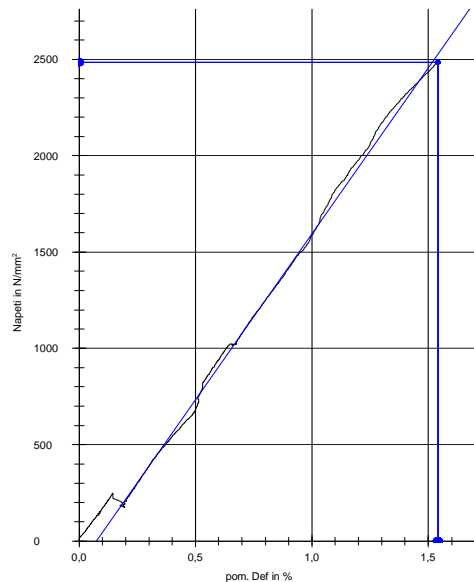
Tab. 9 Naměřené hodnoty typu 6



Obr. 19 Charakteristický tahový diagram typu 6

Kord: 3 + 9 x 0,22 + 0,15	x	DK	M	HK	S	v
F_k [N]	1173,5	1154,67	1187,85	1193,38	32,13	2,74
σ_k [MPa]	2474,86	2435,15	2505,12	2516,79	67,77	2,74
E_k [MPa]	183247,5	178130	187236,1	189701,1	23625,8	15,04
A_k [%]	1,43	1,295	1,425	1,55	0,23	15,22

Tab. 10 Naměřené hodnoty typu 7



Obr. 20 Charakteristický tahový diagram typu 7

7.2 Naměřené hodnoty jednotlivých drátů

Pro toto měření jsem měl 7 druhů průměrů drátů a od každého 10 vzorků, z nich jsem získal naměřené hodnoty které jsem sestavil do následujících tabulek. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze na CD. Všechny uvedené hodnoty jsou odhady.

Při měření jsem zjistil mimo jiné následující veličiny:

Maximální sílu při přetržení	- F_d [N]
Maximální napětí při přetržení	- σ_d [MPa]
Modul pružnosti v tahu	- E_d [MPa]
Tažnost kordu	- A_d [%]

Tyto veličiny uvádím v následujícím formátu:

Průměrná hodnota	- x
Směrodatná odchylka	- s
Poměr směrodatné odchylky a průměrné hodnoty	- v
Dolní kvartil	- DK
Medián	- M
Horní kvartil	- HK

veličina	x	DK	M	HK	s	v
Drát 1 - průměr 0,35mm						
max. síla	270,81	267,025	271,585	275,565	4,98	1,84
max. napětí	2814,79	2775,36	2822,785	2864,14	51,8	1,84
modul pružnosti v tahu	146992,9	141024,3	151424,9	163599,7	18617,7	12,67
tažnost kordu	2,73	2,53	2,59	2,975	0,44	16,03
Drát 2 - průměr 0,32mm						
max. síla	245,87	241,105	245,15	252,15	5,96	2,42
max. napětí	3057,09	2997,885	3048,215	3135,23	74,13	2,42
modul pružnosti v tahu	183544,7	171806,8	189057,7	194900	14243,19	7,76
tažnost kordu	2,23	2,155	2,185	2,35	0,13	5,67
Drát 3 - průměr 0,3mm						
max. síla	217	216,14	216,75	218,33	1,27	0,59
max. napětí	3069,86	3057,63	3066,37	3088,69	17,96	0,59
modul pružnosti v tahu	185261	180914,1	184360,2	193007,4	8009,37	4,32
tažnost kordu	2,38	2,33	2,42	2,49	0,14	5,75
Drát 4 - průměr 0,22mm						
max. síla	105,98	104,39	104,99	108,52	3,27	3,08
max. napětí	2788,02	2746,05	2761,85	2854,8	85,98	3,08
modul pružnosti v tahu	175707,2	174102,9	176108,2	184093,3	12563,94	7,15
tažnost kordu	0,78	1,94	2,02	2,23	0,38	12,18
Drát 5 - průměr 0,20mm						
max. síla	86,156	85,24	86,44	87,39	1,98	2,31
max. napětí	2730,4	2698,18	2725,54	2781,23	63,03	2,31
modul pružnosti v tahu	183270,3	174405,1	186342,9	191184	10032,13	5,48
tažnost kordu	1,75	1,69	1,76	1,96	0,33	19,06

Tab. 11 Naměřené hodnoty drátů pokračují

Pokračování

veličina	x	DK	M	HK	s	v
Drát 6 - průměr 0,175mm						
max. síla	62,03	58,35	62,87	67,66	5,98	9,65
max. napětí	2578,83	2425,93	2613,49	2813,17	248,81	9,65
modul pružnosti v tahu	180010,2	173778,9	178360	189740,7	9306,19	5,17
tažnost kordu	1,56	1,43	1,62	1,83	0,29	18,51
Drát 7 - průměr 0,15mm						
max. síla	44,2	40,59	42,45	50,02	4,81	8,25
max. napětí	2695,88	2588,05	2682,88	2682,88	271,34	8,25
modul pružnosti v tahu	181032,9	178141,1	181811,2	186425,6	11256,5	6,23
tažnost kordu	1,63	1,56	1,7	1,82	0,31	19,51

Tab. 12 Naměřené hodnoty drátů

7.3 Porovnání maximální síly

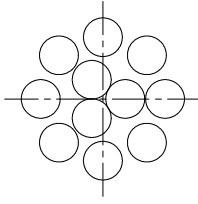

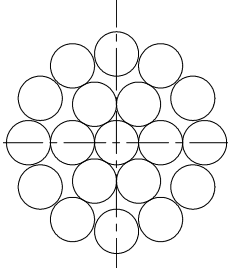

V tomto bodě jsem se zaměřil na porovnání maximální síly v tahu u jednotlivých typů kordů. K dispozici jsem měl hodnoty naměřené při trhání celého kordu viz kapitola 7.1.(v následující tabulce 1. řádek), dále hodnoty vypočítané z pevnosti jednotlivých drátů v kordu viz. kapitola 7.2.(v následující tabulce 2. a 3. řádek), a v neposlední řadě hodnoty od výrobce viz. kapitola 6.1.(v následující tabulce 4. řádek).

Do tabulky 13,14 a 15 jsem zařadil tyto hodnoty:

Maximální sílu při přetržení kordu - F_k [N]

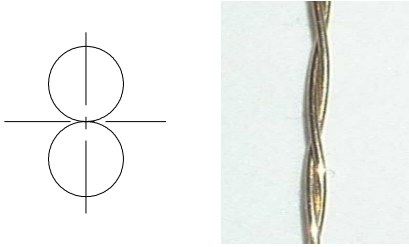
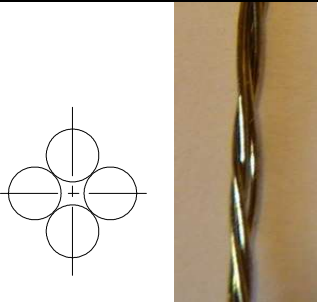
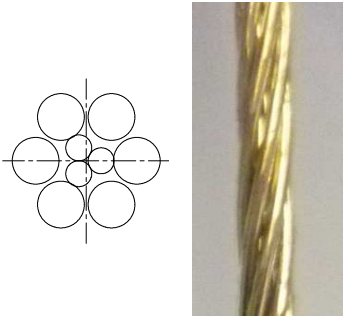
Maximální sílu při přetržení drátu - F_d [N]

Maximální sílu při přetržení u rozpleteného kordu - F [N]

	charakteristika daného kordu	F_k			vyjádření poměru sil
		F_d	počet drátů	F	
Typ 1	 	2 845 N			100%
	3 x 0,35 mm	270,81 N	3 kusy	2 979 N	104,70%
	8 x 0,35 mm	270,81 N	8 kusů		
	3 + 8 x 0,35	- N			- %
Typ 2	 	1 606 N			100%
	1 x 0,22 mm	105,98 N	1 kus	1 652 N	102,90%
	18 x 0,20 mm	85,91 N	18 kusů		
	0,22 + 18 x 0,20	1 655 N			103,10%

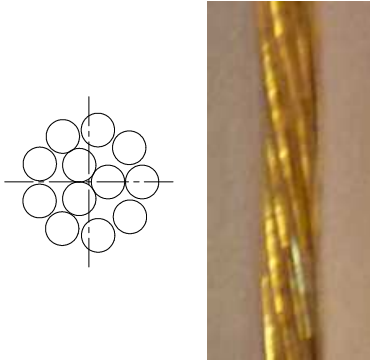
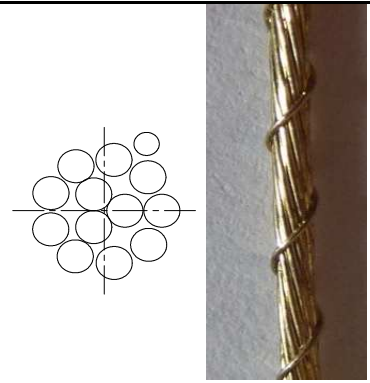
Tab. 13 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce, pokračuje

Pokračování

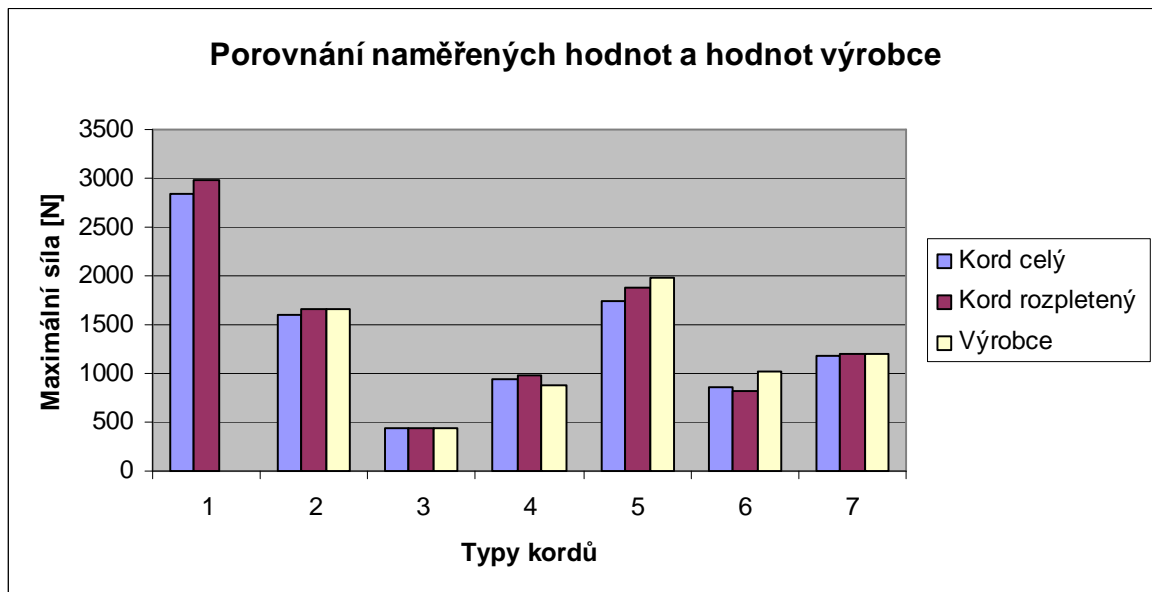
	charakteristika daného kordu	F_k			vyjádření poměru sil
		F_d	počet drátů	F	
Typ 3		430,29 N			100%
	2 x 0,3 mm	217 N	2 kusy	434 N	100,86%
	2 x 0,30	445 N			103,42%
Typ 4		934,02 N			100%
	2 x 0,32 mm	245,87 N	2 kusy	983,48 N	105,30%
	2 x 0,32 mm	245,87 N	2 kusy		
	2 + 2 x 0,32	880 N			94,22%
Typ 5		1 748,37 N			100%
	3 x 0,20 mm	86,16 N	3 kusy	1 883,34 N	107,72%
	6 x 0,35 mm	270,81 N	6 kusů		
	3 x 0,20 + 6 x 0,35	1 990 N			113,82%

Tab. 14 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce vzorek pokračuje

Pokračování

	charakteristika daného kordu	F_k			vyjádření poměru sil
		F_d	počet drátů	F	
Typ 6		863,55 N			100%
	3 x 0,20 mm	86,16 N	3 kusů	816,76 N	94,58%
	9 x 0,175 mm	62,03 N	9 kus		
	3 x 0,20 + 9 x 0,175	1020 N			118,12%
Typ 7		1 173,5 N			100%
	3 x 0,22 mm	105,98 N	3 kusy	1 209,98 N	103,11%
	9 x 0,22 mm	105,98 N	9 kusů		
	1 x 0,15 mm	44,2 N	1 kus		
	3 + 9 x 0,22 + 0,15	1 210 N			103,11 %

Tab. 15 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce vzorek



Graf 1 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce

Kord celý - značí maximální únosnou sílu změřenou při přetržení kordu jako celku.

Kord rozpletený - značí maximální sílu změřenou při přetržení u rozpleteného kordu.

Výrobce - značí maximální sílu při přetržení udávanou výrobcem.

8 UKÁZKA PŘETRŽENÝCH VZORKŮ

Každý typ kordu měl jinou strukturu přetržení. Z pravidla v typech kordů s malým počtem drátů se přetrhly všechny dráty. Naopak u typu kordů s velkým počtem drátů, ve většině případů nedošlo k přetržení všech drátů. U těchto typů zpravidla zůstaly nepřetrženy dráty, které byly nejbliže k ose kordu. Tuto situaci si vysvětlují tím, že u typu kordů s velkým počtem drátů bylo upnutí nedostatečné. Dráty nejbliže k ose kordu při vysokém zatížení začaly nepatrně prokluzovat. Toto nepatrné prokluzování způsobilo větší odchylky mezi naměřenými hodnotami u typů kordů s větším počtem drátů. Názorně ukazují typy kordů zcela přetržené a typy kordů u kterých zůstaly některé dráty nepřetrženy.



Obr. 21 Přetržení kordu typu 1



Obr. 22 Přetržení kordu typu 2



Obr. 23 Přetržení kordu typu 3



Obr. 24 Přetržení kordu typu 4



Obr. 25 Přetržení kordu typu 5



Obr. 26 Přetržení kordu typu 6



Obr. 27 Přetržení kordu typu 7

ZÁVĚR

V této práci jsem získal 3 různé hodnoty maximální síly ke každému typu kordu. První jsem získal od výrobce. Druhý jsem naměřil v laboratořích UTB na univerzálním trhacím stroji Zwick 1456 přetržením daného typu kordu a třetí přetržením jednotlivých drátů v kordu a sečtením těchto hodnot. Při vyhodnocení všech tří hodnot, u každého typu kordu jsem došel k závěru, že zapletení drátů v kordu nezvyšuje jeho pevnost v tahu. Díky rozdílným hodnotám mezi 2. a 3. metodou zjištění maximální síly mohu konstatovat, že podle mých výpočtů zapletení kordu sníží maximální sílu kterou kord vydrží. Dále jsem zjistil, že naměřené a vypočtené hodnoty se od hodnot udávaných výrobcem liší u pěti typů kordů do 6% (typ 1,2,3,4 a 7) a u zbylých dvou do 18% (typ 5 a 6).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Skálová, J., Kovařík, R., Benedikt, V. Základní zkoušky kovových materiálů.
Fakulta strojní Plzeň , 2005
- [2] Lukovics, I. Konstrukční materiály a technologie. VUT Brno, 1992
- [3] PTÁČEK, L. Nauka o materiálu I. 2001.
- [4] PTÁČEK, L. Nauka o materiálu II.. Brno, 2002.
- [5] http://cs.wikipedia.org/wiki/pneumatikovy_kord
- [6] <http://www.vossost.cz/pk/Data/HTML/vyrobapneu.htm>
- [7] [http://www. Infrsensor.cz/roland/rol4.html](http://www.Infrasensor.cz/roland/rol4.html)
- [8] <http://www.tyre.ie>
- [9] <http://www.trz.cz/vydr/D0B39AE1209B8B7CC125708500363E7B>
- [10] <http://www.pirelli.cz/web/technology/steelcord/steelcord/steel-tech-data/default.page>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A_z	%	Tažnost kordu
d_0	mm	Průměr zkušebního válečku
D	mm	Průměr kordu
D_1	mm	Průměr jednoho drátu
D_k	mm	Průměr kordu po eliminaci volných míst
E_k	MPa	Modul pružnosti v tahu
F	N	Maximální síla při přetržení rozpleteného kordu
F_d	N	Maximální síla při přetržení drátu
F_k	N	Maximální síla při přetržení kordu
F_{max}	N	Maximální síla
F_{Pd}	N	Síla při porušení
h_0	mm	Výška zkušebního válečku
L	mm	Délka zkušební tyče
L_0	mm	Délka protažené zkušební tyče
M_{omax}	N.mm	Maximální ohybový moment
N	ks	Počet drátů
R_f	MPa	Smluvní napětí
R_m	MPa	Modul pružnosti ve smyku
R_{mo}	MPa	Smluvní pevnost v ohybu
R_p	MPa	Smluvní mez kluzu
R_{Pd}	MPa	Pevnost v tlaku
S	mm ²	Obsah kordu po eliminaci volných míst
S_1	mm ²	Obsah skupiny drátů se stejným průměrem
S_{1i}	mm ²	Obsah jednoho drátu

S_0	mm^2	Původní obsah zkušebního tělesa
W_0	mm^3	Modul průřezu v ohybu
ε		Poměrná deformace
σ	MPa	Modul pružnosti ve smyku
σ_k	MPa	Maximální napětí při přetržení kordu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Univerzální zkušební stroj	16
Obr. 2 Smluvní diagram napětí-deformace.....	18
Obr. 3 Schéma zatěžování zkušebního tělesa tvaru válečku při zkoušce tlakem	19
Obr. 4 Zkouška tříbodovým ohybem	20
Obr. 5 Zkouška čtyřbodovým ohybem.....	20
Obr.6 Hloubka cementační vrstvy v závislosti na době cementace v uvedených prostředích	22
Obr. 7 Část rovnovážného diagramu $Fe-N$, oblast nitridace vyšrafována	23
Obr. 8 Schéma uložení kordů v pneumatice	24
Obr. 9 Základní struktura pneumatiky	25
Obr. 10 Značení směru vinutí	28
Obr. 11 Systém identifikace.....	28
Obr. 12 Stroj ZWICK 1456	31
Obr. 13 Upínací čelisti	32
Obr. 14 Charakteristický tahový diagram typu 1	39
Obr. 15 Charakteristický tahový diagram typu 2	39
Obr. 16 Charakteristický tahový diagram typu 3	40
Obr. 17 Charakteristický tahový diagram typu 4	40
Obr. 18 Charakteristický tahový diagram typu 5	41
Obr. 19 Charakteristický tahový diagram typu 6	41
Obr. 20 Charakteristický tahový diagram typu 7	42
Obr. 21 Přetržení kordu typu 1	49
Obr. 22 Přetržení kordu typu 2	49
Obr. 23 Přetržení kordu typu 3	49
Obr. 24 Přetržení kordu typu 4	49
Obr. 25 Přetržení kordu typu 5	50
Obr. 26 Přetržení kordu typu 6	50
Obr. 27 Přetržení kordu typu 7	50
Obr. 28 Schéma pneumatiky	60
Obr. 29 Vnitřní guma.....	60
Obr. 30 Textilní kord	60

Obr. 31 Patní lanko	60
Obr. 32 Jádno.....	61
Obr. 33 Výstužný pásek	61
Obr. 34 Ochranný patní pásek.....	61
Obr. 35 Bočnice	61
Obr. 36 Nárazník.....	62
Obr. 37 Polyamidový nárazník - bandáž.....	62
Obr. 38 Běhoun.....	62

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Použití výsledů mechanických zkoušek	15
Tab. 2 Hodnoty výrobce, pokračují.....	34
Tab. 3 Hodnoty výrobce.....	36
Tab. 4 Naměřené hodnoty typu 1	39
Tab. 5 Naměřené hodnoty typu 2	39
Tab. 6 Naměřené hodnoty typu 3	40
Tab. 7 Naměřené hodnoty typu 4	40
Tab. 8 Naměřené hodnoty typu 5	41
Tab. 9 Naměřené hodnoty typu 6	41
Tab. 10 Naměřené hodnoty typu 7	42
Tab. 11 Naměřené hodnoty drátů pokračují.....	43
Tab. 12 Naměřené hodnoty drátů.....	44
Tab. 13 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce, pokračuje	45
Tab. 14 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce vzorek pokračuje	46
Tab. 15 Porovnání naměřených hodnot a hodnot výrobce vzorek.....	47

SEZNAM PŘÍLOH

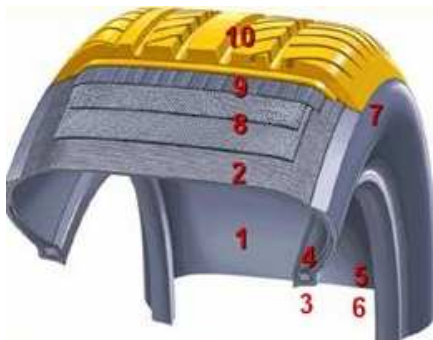
PI Konstrukce pneumatiky

PII Souhrnná tabulka pro typ 1

SEZNAM PŘÍLOH NA CD

- Technická data
- ZWICK – grafy
- ZWICK – výchozí hodnoty
- Průřezy kordů
- Kordy naměřené hodnoty
- Dráty naměřené hodnoty
- Fotodokumentace zkoušených kordů
- Fotodokumentace rozložení kordů v pneumatice

PŘÍLOHA P I: KONSTRUKCE PNEUMATIKY



1- Vnitřní guma, 2- Kostrový materiál, 3- Patní lano, 4- Jádru, 5- Výstužný pássek, 6- Patní pássek, 7- Bočnice, 8- Nárazník, 9- PA nárazník, 10- Běhoun.

Obr. 28 Schéma pneumatiky



Materiál: butylový kaučuk

Funkce: Zabraňuje úniku vzduchu z vnitřku pláště. Plní roli duše v bezdušových pneumatikách.

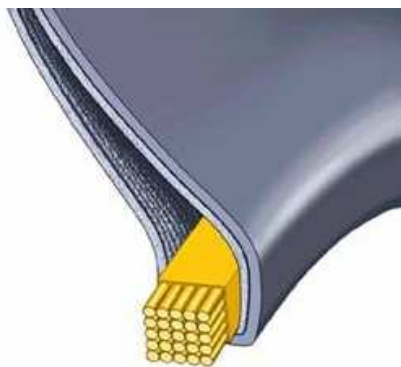
Obr. 29 Vnitřní guma



Materiál: Viskozová vlákna, polyamidová, aramidová a skleněná vlákna (pogumovaná při procesu pogumování).

Funkce: Přenos tažného momentu. Zachování tvaru pneumatiky. Předhází roztržení pneumatiky při pracovním tlaku.

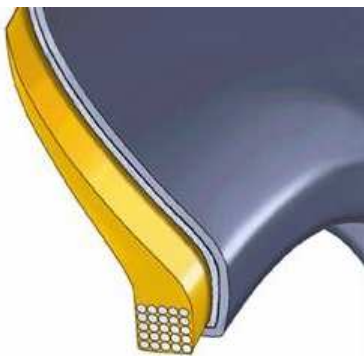
Obr. 30 Textilní kord



Materiál: Pogumovaný svazek ocelových drátů.

Funkce: Zajišťuje správné usazení pneumatiky ráfku, těsnost spojení s ráfkem a díky existujícím třecím silám přenos podélných sil.

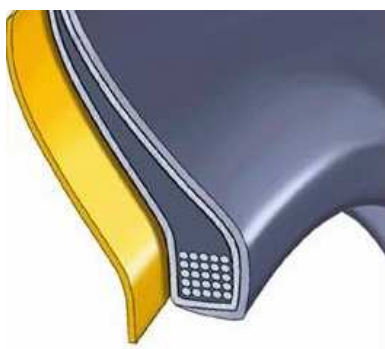
Obr. 31 Patní lanko



Materiál: syntetický kaučuk

Funkce: zajišťuje postupný přechod z tuhé oblasti patky do elastické oblasti bočnic pneumatiky. Zabezpečuje velkou boční tuhost pláště a dokonalý přenos příčných sil.

Obr. 32 Jádro



Materiál: Pogumovaný nylonový nebo aramidový kord.

Funkce: Zpevňuje a stabilizuje přechodovou oblast mezi patkou a boční stěnou.

Obr. 33 Výstužný pásek



Materiál: Syntetický kaučuk

Funkce: Předchází erozi patky v místě styku s ráfkem. Zabezpečuje těsnost a pevné spojení s ráfkem.

Obr. 34 Ochranný patní pásek



Materiál: Přírodní kaučuk.

Funkce: Zajišťuje ochranu kostry a chrání ji před vnějšími vlivy. Nepodléhá stárnutí a vydrží mnohonásobný ohyb.

Obr. 35 Bočnice



Materiál: Pogumovaný ocelový kord s kordovými vlákny uloženými pod malým úhlem.

Funkce: Zajišťuje odpovídající životnost pneumatiky. Stabilizuje běhoun. Předchází hlubokému poškození kostry.

Obr. 36 Nárazník



Materiál: Pogumovaný nylonový kord

Funkce: Vyztužení spodní části běhounu umožňuje dosažení velmi vysokých rychlostí. Má vliv na snížení valivého odporu a zlepšení jízdního komfortu

Obr. 37 Polyamidový nárazník - bandáž



Materiál: Směs se syntetickým a přírodním kaučukem

Funkce: Vnější část – životnost a přilnavost.

Vnitřní (základní) část – Snížení valivého odporu. Ochrana kostry a nárazníku před mechanickým poškozením. [6]

Obr. 38 Běhoun

PŘÍLOHA P II: SOUHRNNÁ TABULKA PRO TYP 1

Veličiny:	Dolní kvartil	- DK
	Medián	- M
	Horní kvartil	- HK

jsem vypočítal z 15 hodnot získaných při trhání kordu typu 1.

Počet měření	Maximální síla	Maximální napětí	Modul pružnosti v tahu	Tažnost kordu
1	2648,45	2501,71	168445,9	1,42
2	2653,94	2506,89	174448,6	1,47
3	2754,32	2601,72	175508,2	1,48
4	2760,26	2607,33	179816,7	1,54
5	2812,03	2656,23	184214,4	1,58
6	2817,63	2661,52	184269,3	1,66
7	2847,34	2689,58	185691,7	1,7
8	2889,5	2729,41	185870,8	1,76
9	2891,36	2731,16	194034,2	1,77
10	2901,86	2741,08	194059,4	1,78
11	2903,09	2742,24	199005,3	1,78
12	2914,58	2753,1	202423,4	1,8
13	2947,62	2784,31	215026,8	1,89
14	2961,04	2796,98	237728	1,96
15	2974,59	2809,78	243754,2	2,03
DK	2786,145	2631,78	182015,5	1,56
M	2890,43	2730,285	189952,5	1,765
HK	2908,835	2747,67	200714,3	1,79

Další hodnoty v tabulce vypočítal program TestXpert Master, který je součástí trhačích stroje ZWICK

Průměrná hodnota - x

Směrodatná odchylka - s

Poměr směrodatné odchylky a průměrné hodnoty - v

	x	DK	M	HK	s	v
max. síla	2845,17	2786,15	2890,43	2908,84	103,08	3,62
max. napětí	2687,54	2631,78	2730,29	2747,67	97,37	3,62
modul pružnosti v tahu	194953,1	182015,5	189952,5	200714,3	22064,96	11,32
tažnost kordu	1,71	1,56	1,765	1,79	0,18	10,63