

ERMCO Európska asociácia výrobcov transportbetónu

Smernica pre betón s vláknami

Vlastnosti, špecifikácia a praktické skúsenosti v Európe



September 2012

Predslov

Smernica bola napísaná pracovnou skupinou vytvorenou pri „Ecotec“ komisii pri ERMCO za podpory európskych expertov z odvetvia transportbetónu a priemyslu výroby vlákien.

Trvalo dlho, kým sa došlo ku konečnej verzii tejto smernice, pri jej spracovávaní boli viaceré dlhšie prestávky a navyše posledné roky neboli podnikateľsky ľahké, čo platí tiež pre odvetvie výroby betónu. Ale tento dokument je nakoniec „dobrou a užitočnou správou“ (vyjadrené slovami pána Toma Harrisona – predsedu „Ecotec“ komisie pri ERMCO).

Chcem poďakovať všetkým členom pracovnej skupiny za ich prácu a podporu.

Nakoniec by som chcel poďakovať pánu T.Harrison, ktorý nás podporoval svojimi rozsiahlymi vedomosťami a skúsenosťami a ktorý nám pomohol finalizovať prácu na tejto smernici. Tiež by som chcel poďakovať pánu J. Gibbs, sekretárovi „Ecotec“ komisie pri ERMCO, ktorý bol vždy veľmi kritickým čitateľom našich pracovných dokumentov a tlačil nás k tomu, aby sme boli precíznejšími a viacej podrobnými.

Christoph Ressler, vedúci pracovnej skupiny

Členovia pracovnej skupiny:

Olaf Aßbrock, Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. (BTB), Germany

Jonas Carlswärd, Betongindustri AB, Sweden

Richard Dietze, Sika Österreich GmbH, Austria

Philipp Guirguis, NV Bekaert SA, Belgium

Wolfgang Hemrich, SCHWENK Zement KG, Germany

Ann Lambrechts, NV Bekaert SA, Belgium

Ingemar Löfgren, Thomas Concrete Group - C.lab, Sweden

Markus Schulz, Schulz Concrete Engineering GmbH, Germany

Jim Troy, Tarmac Limited, UK

John Gibbs, ERMCO Ecotec, UK

Tom Harrison, ERMCO Ecotec, UK

Christoph Ressler, Güteverband Transportbeton, Austria

Obsah

1 Úvod.....	4
2. Pôsobnosť smernice	4
3 Referenčné normy a smernice	5
3.1 Európske normy pre vlákna	5
3.2 Normy, smernice pre betón s vláknami a iné odporúčania	5
3.3 Normy pre skúšobné metódy	6
4 Terminológia a definície	7
5 Zložky	8
5.1 Všeobecne.....	8
5.2 Vlákna	8
5.2.1 Označenie „CE“	8
5.2.2 Oceľové alebo makro-polymérové vlákna	10
5.2.3 Mikro-polymérové vlákna.....	13
5.2.4 Povlaky vlákien	14
6. Vlastnosti čerstvého betónu s vláknami	14
6.1 Konzistencia	14
6.2 Čerpatel'nosť	14
6.3 Obsah vzduchu.....	15
6.4 Krvácanie betónu	15
6.5 Plastické zmrašťovanie a vytváranie trhliniek od plastického zmrašťovania	15
7. Vlastnosti zatvrdnutého betónu	15
7.1 Všeobecne.....	15
7.2 Pevnosť v tlaku	16
7.3 Ťahová pevnosť po vytvorení prvej trhlinky	16
7.4 Požiarna odolnosť	17
7.5 Pevnosť v razu	18
7.6 Pevnosť v šmyku.....	18
7.7 Trvanlivosť	18
7.8 Dotvarovanie.....	18
8. Počiatočná skúška typu	19
9. Špecifikácia	19
9.1. Špecifikácia za použitia druhu a obsahu vlákien	19
9.2 Špecifikácia pri vlastnostiach betónu s vláknami	20
9.3 Praktické skúsenosti z Európy	20
10 Preukazovanie zhody	22
10.1 Zhoda samotných vlákien	22
10.2 Preukázanie zhody obsahu vlákien v betóne.....	22

10.3 Preukázanie zhody ak je vlastnosť špecifikovaná	22
11 Výroba a doprava betónu s vláknami.....	23
11.1 Skladovanie vlákien na betonárni	23
11.2 Dávkovanie betónu s vláknami.....	23
11.2.1 Pridávanie vlákien na betonárni	23
11.2.2 Pridanie vlákien na stavenisku	24
11.3 Vnútropodniková kontrola.....	24
11.4 Doprava	25
11.5 Bezpečnosť a ochrana zdravia pracovníkov	25
11.5.1 Všeobecne.....	25
11.5.2 Pridávanie vlákien do miešačky	25
12 Progres v normalizácii, betón s vláknami v prEN 206.....	26
12.1 Požiadavky na preukazovanie zhody.....	26
12.2 Požiadavky na skúšky identity (zhody) pre obsah vlákien a homogenitu čerstvého betónu	27
12.3 Požiadavka na rozloženie vlákien v zámesi	27
12.4 Ďalšie požiadavky	27
12.4.1 Poskytnutie informácií.....	27
12.4.2 Tolerancie dávkovania	27
12.4.3 Proces dávkovania	28
13 Odporúčania	28
Príloha A: Doplnujúca informácia o skúšobných metódach	29
A.1 Osová pevnosť v ťahu po vzniku prvej trhlinky	29
A.2 Pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky	29

Úvod

Betón s vláknami je zavedený výrobok, ktorý je teraz široko používaný pre aplikácie, akými sú priemyselné podlahy, cesty, chodníky, tunely, kompozitné konštrukcie, steny, prefabrikované dielce a pod. Uznanie prínosu pridania vlákien do betónu vedie k rozšíreniu oblastí možného použitia v pozemnom a inžinierskom stavitelstve.

Tento dokument nie je primárne plánovaný ako ďalší obecný poradenský dokument o vlastnostiach betónu s vláknami. Skôr bolo zámerom ERMCO objasniť, čo sa vyžaduje od priemyslu výroby transportbetónu, ak tento vyrába betón s vláknami. Navrhuje metódy špecifikácie a postupy posudzovania zhody pre betón s vláknami, rovnakým spôsobom ako sa zaoberá s inými betónmi a vlastnosťami betónov v norme EN206 pre betón.

Niektoré európske krajiny vydali smernicu a/alebo regulujú alebo normujú betón s vláknami za použitia národných smerníc. Tieto národné smernice stále viac špecifikujú (predpisujú) požadovaný súhrn vlastností kompozitného materiálu.

Predpis „*fib model*“ obsahujúci odporúčania pre navrhovanie betónu s vláknami ^(XV) ¹, ktorý bol vydaný vo forme návrhu v roku 2010, popisuje triedy vlastností pre betón s vláknami.

Európska normalizačná komisia (CEN) si uvedomila rastúcu dôležitosť betónu s vláknami a preto bol vydané harmonizované výrobné normy pre oceľové vlákna, makro-polymérové vlákna a mikro-polymérové vlákna. Návrh revidovanej európskej normy pre betón, prEN206 obsahuje požiadavky pre betón s vláknami a preto táto smernica by mala byť dôležitou podporou pre výrobcov betónu a špecifikátorov (navrhovateľov) betónu, ktorí majú menej skúseností s betónom s vláknami.

2. Pôsobnosť smernice

Cieľom tohto dokumentu nie je nahradiť existujúce národné smernice pre vlastností betónu s vláknami a dokument sa len stručne zaoberá vlastnosťami čerstvého a zatvrdnutého betónu; skôr je dokument myslený ako smernica pre špecifikátorov (navrhovateľov) a výrobcov transportbetónu. Vo svetle toho, že vlákna boli zahrnuté do prEN206 (2012) sa dokument zameriava na metódy špecifikácie a metódy preukazovania zhody, na praktické problémy vznikajúce pri výrobe betónu s vláknami (vrátane aspektov BOZP) a na vývoj v normalizácii. Príloha uvádza informácie o metódach a aspektoch skúšky pevnosti v ťahu.

Striekaný betón nie je zahrnutý, pretože normy pre tento betón už existujú a tiež preto, že Európska federácia pre špeciálne stavebné chemikálie a systémy betónu (EFNARC) pripravila k tejto problematike široko uznávaný dokument ^(XVI).

Dokument (smernica) obsahuje terminológiu a definície, ktoré sa používajú v existujúcich publikáciách (v dokumentoch, na ktoré sú odvolávky v texte). Zahrňuje použitie oceľových a polymérových vlákien ale nezahrňuje uhlíkové sklenené vlákna, pretože tieto druhy vlákien nie sú normované na európskej úrovni a v súčasnosti je ich použitie obmedzené len na okrajové časti trhu.

Dôraz je kladený na výrobu betónu s vláknami, ktorá vyžaduje špeciálnu pozornosť výrobcov transportbetónu a ovplyvňuje vlastnosti betónu.

A nakoniec je ponúknutý väčší počet odporúčaní pre najlepšie postupy pri výrobe.

¹ V texte smernice rímske čísla napísané horným indexom znamenajú odvolávku na číslo príslušnej literatúry

3 Referenčné normy a smernice

V mnohých európskych krajinách sú k dispozícii normy, smernice a odporúčania.

3.1 Európske normy pre vlákna

EN 14889-1: *Vlákna do betónu Časť 1: Oceľové vlákna – definície, špecifikácie a preukazovanie zhody.*

Táto norma definuje požiadavky na oceľové vlákna pre maltu a betón. Zahrňuje vlákna, ktoré sa používajú pre striekaný betón, betónové podlahy, prefabrikáty a pre betón a maltu na opravy.

EN 14889-1: *Vlákna do betónu Časť 2: Polymérové vlákna – definície, špecifikácie a preukazovanie zhody.*

Táto norma definuje požiadavky na polymérové vlákna pre maltu a betón. Zahrňuje vlákna, ktoré sa používajú pre nosné a nenosné účely vrátane použitia pre striekaný betón, betónové podlahy, prefabrikáty, betónové vystuženia tunelov a opravy. Táto norma je v revízii.

3.2 Normy, smernice pre betón s vláknami a iné odporúčania

- i. prEN206 Betón – špecifikácia, vlastnosti, výroba a preukazovanie zhody (EN206-1 je v revízii a po revízii bude mať norma názov EN206, pretože bude obsahovať Časť 1 a Časť 9)
- ii. EN 14650 Prefabrikované výrobky – všeobecné pravidlá pre riadenie (kontrolu) výroby betónov s oceľovými vláknami
- iii. Rakúsko: ÖVBB Richtlinie Faserbeton (ÖVBB smernica pre betón s vláknami), Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Rakúska asociácia pre betonársku a stavebnú technológiu), Viedeň, 07/2008
- iv. Rakúsko: ÖVBB Richtlinie Erhöht brandbeständiger Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke (ÖVBB smernica pre viacej požiaru odolný betón pre podzemné dopravné stavby), (Rakúske združenie pre betonársku a stavebnú technológiu), Viedeň, 07/2005
- v. Belgicko: NBN B 15-238, Proeven op vezelverstekert beton – Buigproef op prismatische proefstukken (v belgickom jazyku)
- vi. Nemecko: DAfStb-Smernica, Smernica komisie DAfStb pre konštrukčný betón: Konštrukčný betón vystužený oceľovými vláknami, finálna verzia, 03/2010
- vii. Taliansko: UNI 11039 Betón vystužený oceľovými vláknami – Časť I: Definície, klasifikácia, špecifikácia a posúdenie zhody – Časť II: Skúšobné metódy na meranie pevnosti pri vzniku prvej trhliny a duktility (t'aznosti), 02/2003
- viii. Holandsko: CUR: Odporúčanie 111: Betón vystužený oceľovými vláknami pre priemyselné podlahy a základy na pilótach, Návrh a zhotovenie, 10/2010
- ix. Nórsko: Publikácia č.7, Striekaný betón na spevnenie skál, Nórska asociácia pre betón
- x. Švédsko: Švédska asociácia pre betón, Betonárska správa č.4, Stålfibrebetong – rekommendationer för konstruktion, utförande och proving (Betón vystužený oceľovými vláknami – odporúčania pre návrh, zhotovenie a skúšanie), Štokholm, 2.vydanie 1997 (vo švédčine)
- xi. Švajčiarsko: SIA 162/6, Empfehlung Stahlfaserbeton (Odporúčanie pre betón vystužený oceľovými vláknami), 02/1999
- xii. Veľká Británia: Britská betonárska spoločnosť - Technická správa č.63 – Smernica pre návrh betónu vystuženého oceľovými vláknami. Vydavateľstvo Blackwater, Camberley, Surrey, 2007

- xiii. Veľká Británia: Britská betonárska spoločnosť - Technická správa č.65 – Smernica pre používanie betónu vystuženého makro-syntetickými vláknami, Betonárska spoločnosť: Vydavateľstvo Blackwater, Camberley, Surrey, 2007
- xiv. RILEM TC 162 TDF – Návrh betónu vystuženého oceľovými vláknami – Metódy, odporúčania, časopis Material and Structures (Materiál a konštrukcie), 2002
- xv. *fib* Model Code 2010 (Predpis „*fib* model“ z roku 2010), prvý úplný návrh, diel 1. a 2., Spravodajca RILEM-u č.55, 3/2010
- xvi. EFNARC Európska špecifikácia striekaného betónu, Smernica pre špecifikátorov a zhotovovateľov, 1996

3.3 Normy pre skúšobné metódy

ASTM C1550-08	Normová skúšobná metóda pre skúšku tuhosti v ohybe u vláknami vystuženého betónu (skúška centrickým zaťažovaním kruhovej dosky)
ASTM C1609/C1609M	Normová skúšobná metóda pre skúšku vláknami vystuženého betónu v ohybe (trojbodová ohybová skúška)
EN 14651	Skúšobná metóda pre betón s oceľovými vláknami – Meranie ťahovej pevnosti v ohybe (medza úmernosti, zostatková, reziduálna pevnosť). (Trojbodová ohybová skúška na trámoch). Návrh Dodatku sa pripravuje.
EN 14721	Skúšobná metóda pre betón s oceľovými vláknami – meranie obsahu vlákien v čerstvom a zatvrdnutom betóne. Tento dokument definuje dve metódy na meranie obsahu vlákien v betóne s oceľovými vláknami. Metóda „A“ pre meranie obsahu vlákien na zatvrdnutej vzorke betónu a metóda „B“ pre meranie obsahu vlákien vo vzorke čerstvého betónu. Návrh Dodatku sa pripravuje.
EN 14845-1: 2007	Skúšobná metóda pre vlákna v betóne – Časť 1: Referenčné betóny. Pre stanovenie účinku vlákien v betóne táto norma definuje zloženie a požadované vlastnosti referenčného betónu
EN 14845-2: 2006	Skúšobná metóda pre vlákna v betóne – Časť 2: Účinok na betón. Táto norma definuje metódu na meranie objemu vlákien, ktorý musí byť pridaný do referenčného betónu, aby sa dosiahla definovaná zostatková (reziduálna) ťahová pevnosť
EN 14488-7: 2006	Skúšanie striekaného betónu – Časť 7: Obsah vlákien betónu vystuženého vláknami. Norma sa zaoberá striekaným betónom. Norma uvádza, že vzorky z čerstvo nastriekaného betónu alebo z valcových vývrtov by mali byť vyrezané z reálneho betónu na stavbe, pretože bežný spôsob odberu vzoriek je odobrať vzorky z vyprázdňujúceho sa domiešavača. Množstvo čerstvého betónu s vláknami požadované v norme pre jednu vzorku betónu je tiež trochu nízke (1 – 2 kg/vzorka). V norme nie je žiadna zmienka o presnosti merania
NT BUILD 511	NT BUILD 511 Klinová skúšobná metóda štiepaním: Skúšanie betónu vystuženého vláknami lomom (Mode I), Nordic Innovation Centre, Oslo
JSCE-SF4	Metóda skúšok pevnosti v ťahu za ohybu a ohybová tuhosť betónu vystuženého vláknami, verzia 1984 (štvorbodová ohybová skúška).

4 Terminológia a definície

štihlosť

pomer dĺžky vlákna k jeho priemeru (alebo ekvivalentnému priemeru)

osová ťahová pevnosť

pevnosť nameraná pri jednoosovej ťahovej skúške

ohybové tvrdnutie

vzťahuje sa na situáciu, kde pevnosť v ťahu za ohybu po vytvorení prvej trhliny je vyššia ako pevnosť v ťahu za ohybu pri vzniku prvej trhliny

dotvarovanie

tendencia pevného materiálu deformovať sa pri jeho vystavení trvalému zaťaženiu

duktilita (ťažnosť)

obecná schopnosť materiálu uniesť zaťaženie za bodom medze priťažnosti (medze klzu), ktorá definuje hranicu (medzu) elastického chovania ^(xii)

odolnosť voči prelomeniu (odolnosť voči únave materiálu)

schopnosť odolávať škodlivým zmenám pri cyklickom zaťažovaní

betón s vláknami

homogénny kompozitný materiál obsahujúci betón alebo maltu ako maticu, plus vlákna na ovplyvnenie jeho vlastností

fibrilované

polymérové vlákna z viacnásobných pramencov (lán)

Poznámka: ostatné vlákna sú z jedného pramenca (lana) alebo „monofil“ (jednovláknové)

pevnosť v ťahu za ohybu

maximálne napätie v ťahu za ohybu dosiahnuté pri skúške na hranoloch ^(xii) u betónu bez vlákien alebo napätie pri vzniku prvej trhliny v betóne s vláknami

Poznámka 1: Skúšobná metóda pre túto vlastnosť je normovaná v EN14561

Poznámka 2: Pozri definíciu ohybového tvrdnutia

plastické zmrašťovanie

zmrašťovanie, ktoré sa objavuje u čerstvého betónu ako výsledok odparovania vody alebo autogénne/chemické zmrašťovanie

polymérové vlákna (ako sú definované v EN14889 Časť 2)

mikrovlákná podľa Triedy I. – nekonštrukčné (nenosné)

mikrovlákná podľa Triedy II. – konštrukčné (nosné)

obidva druhy môžu byť rovné alebo deformované časti vytlačovaného a rezaného polyméru, ktorý je vhodný pre homogénne miešanie do betónu alebo malty

pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky (tiež nazývaná zostatková – reziduálna pevnosť v ťahu za ohybu)

ťahová pevnosť pri skúške na hranole potom, ako betón vystužený vláknami popraskal, obecné pre špecifickom pretvorení (ohybe) vzorky pri skúške ^(xii)

Poznámka: Skúšobná metóda pre túto vlastnosť je normovaná v EN14651

pevnosť v ťahu po vzniku prvej trhlinky (tiež nazývaná zostatková pevnosť v ťahu)

pevnosť betónu vystuženého vláknami, ktorá je schopná prenosu napätia cez trhlinu, ak je vystavená jednoosovému ťahu (napätiu)

ocelové vlákna

rovné alebo deformované časti za studena ťahaného ocelového drôtu, rovné alebo deformované rezané vlákna z plechu, z taveniny ťahaného vlákna, vlákna strihané zo za studena ťahaného drôtu a vlákna frézované z ocelových blokov, ktoré sú vhodné pre homogénne miešanie do betónu alebo malty

ťahová pevnosť vlákien

pevnosť meraná pri jednoosej ťahovej skúške

tuhosť (húževnatosť)

schopnosť betónu s vláknami uniesť zaťaženia po vytvorení trhliniek v betóne, t.j. kapacita na pohlcovanie energie ^(xii).

5 Zložky

5.1 Všeobecne

Požiadavky na zložky betónu s vláknami sú rovnaké aké sú na betón zodpovedajúci prEN 206. Zložky by mali vyhovovať európskym normám, technickým požiadavkám alebo špecifickým národným požiadavkám (napr. požiadavkám na kamenivo čo sa týka odolnosti voči zmrazovaniu a rozmrazovaniu).

5.2 Vlákna

5.2.1 Označenie „CE“

Oceľové a polymérové vlákna môžu byť použité v Európe len ak zodpovedajú požiadavkám EN 14889 a sú označené značkou „CE“ (European Conformity = európska zhoda). Zhoda s touto normou ukazuje uznávanú vhodnosť vlákien pre použitie v betóne.

Poznámka: Označenie „CE“ nie je v súčasnosti povinné vo všetkých krajinách EÚ, ale sa stane povinným, keď vstúpi v platnosť Nariadenie o stavebných výrobkoch v roku 2013.

Základné informácie dané pri označení „CE“ sú nasledovné:

- Druh vlákien: oceľové/polymérové
- Certifikácia zhody „CE“
- Druh a rozmery
- Ťahová pevnosť
- Youngov modul pružnosti (modul pružnosti v ťahu)
- Dĺžka
- Tvar prierezu
- Priemer alebo rozmery prierezu

CE	Značka zhody „CE“, pozostávajúca zo symbolu „CE“ daného Smernicou EÚ 93/68/EEC
01234	Identifikačné číslo certifikačnej organizácie (ak je to relevantné)
AnyCo Ltd., POBox 21, B-1060	Meno alebo identifikačný znak a adresa výrobcu
08	Posledné 2 číslice roku, v ktorom bola značka zhody pridelená
01234-CPD-00234	Číslo certifikátu (ak je relevantné)
EN 14889-2	Číslo európskej normy
Polymérne vlákna pre konštrukčné použitie v betónovej malte a injektážnej malte Trieda II. Dĺžka: 54 mm Priemer: 0,90 mm Tvar: obdĺžnikový – plne reliéfový (s vylisovaným vzorom) Ťahová pevnosť: 580 N/mm ²	Popis výrobku
Konzistencia s 4 kg/m ³ vlákien: čas VeBe: 5 s Účinok na pevnosť betónu: použitím 4 kg/m ³ vlákien sa získa pevnosť 1,5 N/mm ² pri CMOD=0,5 mm a 1 N/mm ² pri CMOD=3,5 mm.	Informácia o regulovaných charakteristikách

- Úprava povrchu a kotvenie (napr. s hákmi na konci alebo s reliéfnym povrchom)
- Tolerancie dĺžky, priemeru (a štihlosť u oceľových vlákien)
- Aspekty bezpečnosti

Navyše je uvedené vyhlásenie o vlastnostiach, ktoré boli skúšané normovými postupmi.

C€	Značka zhody „CE“, pozostávajúca zo symbolu „CE“ daného Smernicou EÚ 93/68/EEC
01234	Identifikačné číslo certifikačnej organizácie (ak je to relevantné)
AnyCo Ltd., POBox 21, B-1060	Meno alebo identifikačný znak a adresa výrobcu
08	Posledné 2 číslice roku, v ktorom bola značka zhody pridelená
01234-CPD-00234	Číslo certifikátu (ak je relevantné)
EN 14889-1	Číslo európskej normy
Oceľové vlákna pre konštrukčné použitie v betónovej malte a injektážnej malte Skupina I. Dĺžka: 50 mm Priemer: 1,00mm Tvar: deformované Ťahová pevnosť: 1200 N/mm ²	Popis výrobku
Konzistencia s 30 kg/m ³ vlákien: čas VeBe: 25 s Účinok na pevnosť betónu: použitím 30 kg/m ³ vlákien sa získa pevnosť 1,5 N/mm ² pri CMOD=0,5 mm a 1 N/mm ² pri CMOD=3,5 mm	Informácia o regulovaných charakteristikách

Obrázok 1a/1b: Príklady označovania „CE“ polymérových vlákien triedy II. (1a) alebo oceľových vlákien (1b)

Pre označovanie „CE“ u vlákien sú definované 2 úrovne preukazovania zhody: Systém 1 a Systém 3.

Systém 1 je použiteľný, ak vlákna majú konštrukčnú funkciu, t.j. ak vlákna sú navrhnuté na podporu únosnosti. Systém vyžaduje kontinuálny dohľad nad výrobným procesom vlákien nezávislou certifikačnou organizáciou, ktorá vydáva certifikát zhody (označenie „CE“).

Systém 3 je použiteľný, ak vlákna sú použité z iných dôvodov, t.j. pre nejakú nekonštrukčnú funkciu – napríklad na zníženie rizika plastického zmršťovania alebo na zlepšenie chovania (betónu) v prípade požiaru. Tento systém dovoľuje výrobcovi, aby sám deklaroval, že kvalita

Systém 1	Systém 3
Oblasť použitia	
Konštrukčné použitie ^{A)}	Nekonštrukčné použitie
Kontrola kvality	
Počiatková skúška so zodpovednosťou notifikovanej certifikačnej organizácie (osoby)	Počiatková skúška vykonaná notifikovaným laboratóriom
Počiatková a každoročná vnútropodniková kontrola výroby hodnotená notifikovanou organizáciou (osobou)	Vnútropodniková kontrola so zodpovednosťou výrobcu
Certifikačná organizácia → „Certifikát zhody“	Výrobca vydáva a podpisuje „Vyhlásenie o zhode“
A) Konštrukčné použitie vlákien je tam, kde prídanie vlákien je navrhnuté s cieľom prispieť k únosnosti betónovej časti (dielu)	

Obrázok 2: Rozdiel medzi atestáciou (overením) podľa Systému 1 a Systému 3

je v súlade s požiadavkami normy: nie je potrebné žiadne overenie treťou stranou (nezávislou organizáciou).

V praxi preto, ak sa berie v konštrukčnom návrhu v úvahu pevnosť betónu s vláknami po vzniku prvej trhliny, vlákna musia byť certifikované Systémom 1 a označenie „CE“ na obale musí indikovať, že vlákna sú certifikované pre konštrukčné použitie (Systém 1).

5.2.2 Oceľové alebo makro-polymérové vlákna

Požiadavky na vlákna sú stanovené buď v EN 14889-1: Vlákna do betónu Časť 1 alebo v EN 14889-1: Vlákna do betónu Časť 2. Na trhu sú dostupné početné druhy vlákien s rôznymi vlastnosťami materiálov, rôznymi rozmermi, profilmi a rôznym kotvením. Vlákna môžu byť zlepené spolu do zväzkov (vo vode rozpustným lepidlom), zabalené vo forme hrubších „pukov“ alebo dodávané v pásoch pre umožnenie dávkovania a miešania.

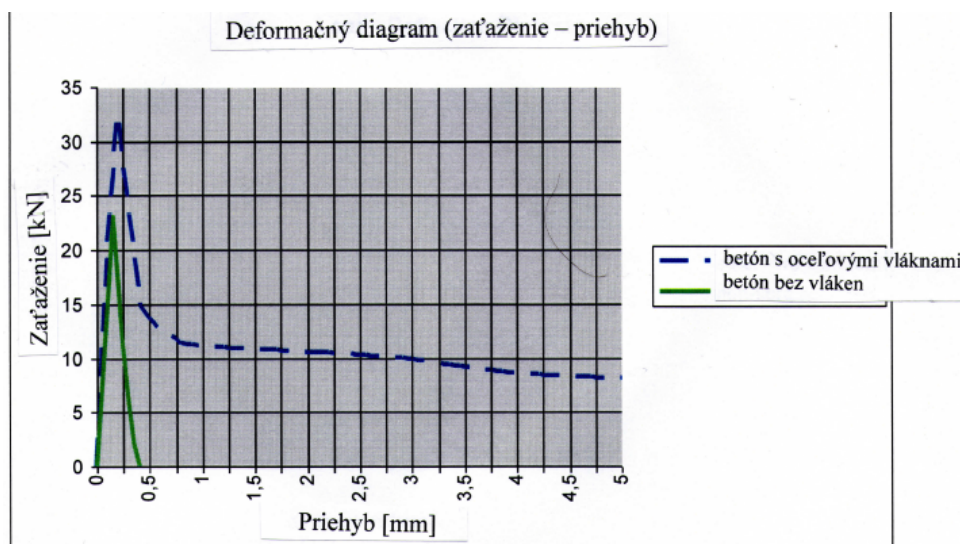
Povrch vlákien musí byť bez hrdze a znečistenia. Žiaden povlak na vláknach by nemal narušovať väzbu medzi vláknami a matricou.

Oceľové alebo makro-polymérové vlákna sú používané do betónu z viacerých príčin:

- Zlepšiť tuhosť tvrdnúceho betónu
- Zlepšiť rázovú pevnosť
- Zvýšiť zostatkovú ťahovú pevnosť betónu
- Zvýšiť zostatkovú (reziduálnu) ťahovú pevnosť v ohybe betónu.

Zostatková ťahová pevnosť v ohybe betónu s vláknami je kľúčovým vlastnostným parametrom. Je závislá od druhu a množstva pridaných vlákien, rovnako ako aj od vlastností vlastnej betónovej matrice.

Obrázok 3 je typickým diagramom deformácie od zaťaženia pri skúške so štyrmi zaťažovacími bodmi na hranole, ktorá je zobrazená na obrázku 4. Betón bez vlákien nevykazuje žiadnu zostatkovú (reziduálnu) ťahovú pevnosť v ohybe, zatiaľ čo betón s vláknami si zachová okolo 30% maximálnej zostatkovej (reziduálnej) ťahovej pevnosti v ohybe. Veľkosť zachovanej zostatkovej pevnosti závisí od druhu použitých vlákien a obsahu vlákien na 1 m^3 . Obecné, pre dosiahnutie rovnakej hodnoty vlastnosti je pomer medzi oceľovými a makro-polymérovými vláknami 5:1 (t.j. 25 kg/m^3 oceľových vlákien je rovnocenné 5 kg/m^3 makro-polymérových vlákien).



Obrázok 3: Diagram deformácie od zaťaženia (symbolický)

Typické vlastnosti oceľových vlákien:

- Youngov modul pružnosti (v ťahu): 210 000 MPa
- Ťahová pevnosť: 300 – 3000 N/mm²
- Tvar: priamy, zvlnený, profilovaný alebo hákový
- Dĺžka: 20 – 60 mm
- Prierez: kruhový, zvlnený, obdĺžnikový, alebo výsek z kruhu
- Priemer: 0,1 – 1,5 mm
- Prierezové rozmery (obdĺžnik): 0,02-1,5 mm x 0,2-3 mm
- Povrch: hladký nepravidelný alebo zvlnený.



Obrázok 4: Skúška so štyrmi zaťažovacími bodmi na hranole pre stanovenie diagramu deformácie od zaťaženia (fotografia so zvolením spoločnosti „Krampe Harex“)

Fotografie rôznych druhov oceľových vlákien sú ukázané na obrázkoch 5 – 8.



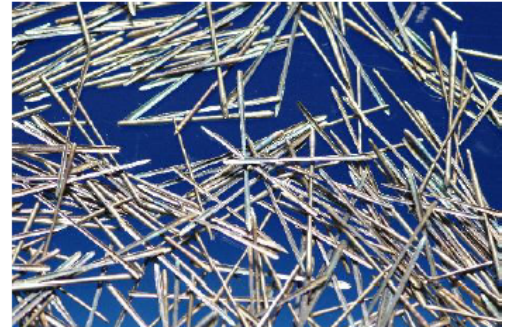
Obrázok 5: Za studena ťahaný drôt (Stahdrahtfaser)



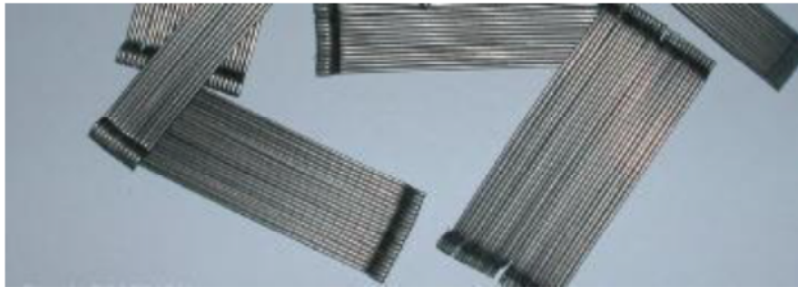
Obrázok 6: Vlákna razené za studena z ťahaného drôtu (Drahtsegmentfaser)



Obrázok 7: Za studena ťahaný drôt
(Kaltbandfaser)



Obrázok 8: Z taveniny ťahané vlákna
(Meltextract)



Obrázok 9: Vlákna zlepené do zväzku *(fotografie so zvoľením spoločnosti „Krampe Harex“)*

Typické vlastnosti nako-polymérových vlákien:

- Youngov modul pružnosti (v ťahu): 3 000 - 30 000 MPa
- Ťahová pevnosť: 300 – 700 N/mm²
- Tvar: priamy, zvltný, štrukturovaný
- Dĺžka: 20 – 60 mm
- Prierez: kruhový, obdĺžnikový, alebo oválny
- Priemer: 300 – 1300 μm
- Prierezové rozmery (obdĺžnik): 50 - 2000 μm
- Povrch: hladký alebo reliéfny.

Príklad makro-polymérového vlákna je zobrazený na obrázku 10.



Obrázok 10: Makro-polymérové vlákno

5.2.3 Mikro-polymérové vlákna

Európska norma pre polymérové vlákna je EN 14889-2. Časť 2 obsahuje vlákna vyrábané z polymérických materiálov. Norma rozdeľuje polymérové vlákna do 2 tried:

- Trieda I.: mikro-vlákna, s priemerom $< 0,30$ mm. Tieto môžu byť buď „monofilne“ (jednovláknové) alebo vlákna z viacnásobných pramencov (lán)
- Trieda II.: makro-vlákna, s priemerom $\geq 0,30$ mm. Tieto majú rovnaké rozmery ako oceľové vlákna.

Typické vlastnosti mikro-polymérových vlákien Triedy I. zahrňujú:

- Všeobecne sú vyrobené z polypropylénu
- Prierez môže byť kruhový, obdĺžnikový alebo oválny (eliptický)
- Prierez spolu s povrchovými charakteristikami, Youngov modul pružnosti a ťahová pevnosť, určujú väzbu medzi vláknami a betónom
- Polymérové vlákna sú odolné voči vysokej alkalite betónu
- Mikro-polymérové vlákna môžu prispievať k zvýšeniu požiarnej odolnosti a odolnosti voči plastickému zmrašťovaniu v závislosti od ich dĺžky a veľkosti ich obsahu v betóne. Tieto sú vybrané podľa veľkosti max.zrna kameniva a špecifických technických požiadaviek.

Typické vlastnosti polymérových mikro-vlákien:

- Youngov modul pružnosti (v ťahu): 3 000 - 30 000 MPa
- Ťahová pevnosť: 300 – 700 N/mm²
- Tvar: priamy hladký, zvltný
- Dĺžka: 3 – 36 mm
- Prierez: kruhový alebo obdĺžnikový
- Priemer: 10 – 50 μ m

- Prierezové rozmery (obdĺžnik): 20 - 300 μ m
- Povrch: hladký.

Mikro-polymérové vlákna nie sú vystavené štiepaniu a tak sú bez zdravotného rizika uvádzaného v odseku 11.5.

Príklad mikro-polymérového vlákna je zobrazený na obrázku 11.



Obrázok 11: Polypropylénové mikro-vlákno

5.2.4 Povlaky vlákien

Niektoré vlákna majú povlak (poťah) – tenkú povrchovú vrstvu na zabezpečenie špeciálnych vlastností, napr. aby sa vyhlo kľbkovaniu (vytváraniu zhlukov) polymérových vlákien alebo aby sa vyhlo hrdzaveniu oceľových vlákien. Niektoré oceľové vlákna majú poťah z vo vode rozpustného lepidla, aby sa tým zminimalizovalo nebezpečenstvo vytvárania zhlukov vlákien a podporilo homogénne zamiešanie v betóne. Iné povlaky zahrňujú plastifikátor do betónu, aby sa tak kompenzovala strata konzistencie, v prípade pridania polymérových vlákien do betónu.

6. Vlastnosti čerstvého betónu s vláknami

Pridanie vlákien do betónu ovplyvňuje vlastnosti čerstvého betónu. So zreteľom na to je dôležité rozumieť pravdepodobnému účinku tohto pridania oceľových alebo polymérových vlákien (alebo oboch druhov). Napríklad môžu byť ovplyvnené tieto vlastnosti betónu: konzistencia, obsah vzduchu, krvácanie a čerpatelnosť betónu. Táto kapitola popisuje účinky pridania vlákien do betónu, ktoré sa dajú očakávať u rôznych vlastností betónu a ako toto môže ovplyvniť návrh zloženia betónu.

6.1 Konzistencia

Pridanie vlákien do betónu môže znížiť hodnotu sadnutia Abramsovho kužeľa a/alebo zvýšiť súdržnosť betónovej zámesi. Toto by malo byť kompenzované buď použitím plastifikátorov alebo upravením zloženia betónovej zámesi. Avšak výskyt zvýšenej súdržnosti u niektorých betónov s vláknami môže byť zavádzajúci a možno nemusí byť potrebné kompenzovať (túto zmenu) za túto zjavne nízku konzistenciu. Ak sa vlákna pridajú v betonárni – za zodpovednosti výrobcu transportbetónu, konečná konzistencia (na stavenisku) požadovaná zhotovovateľom (stavby), musí byť zabezpečená výrobcom betónu. Ak sú vlákna pridávané na stavenisku výrobcom betónu strata konzistencie je pravdepodobná a výrobca musí vziať toto v úvahu pri návrhu zloženia betónovej zámesi a pri dávkovaní zložiek betónu. V oboch situáciách je výrobca betónu zodpovedný za vlastnosti betónu a od neho sa žiada, aby preukázal zhodu betónu pri jeho dodávke na stavbu.

Ak sa vlákna pridávajú za zodpovednosti zhotoviteľa stavby, výrobca betónu je zodpovedný len za betón pred pridaním vlákien do neho a pridanie vlákien a všetky ostatné zmeny betónu vykonané zhotoviteľom stavby sú zodpovednosťou zhotoviteľa stavby, t.j. pridanie plastifikátorov alebo superplastifikátorov za účelom kompenzácie každej straty konzistencie. Tak ako u bežného betónu, pridanie len samotnej vody na korekciu konzistencie bude nepriaznivo ovplyvňovať kvalitu betónu s vláknami. Pretože preukázanie zhody je ohraničené na betón pred pridaním vlákien, klientovi sa odporúča požadovať skúšanie betónu po pridaní vlákien, ak sú tieto vlákna pridávané za zodpovednosti zhotoviteľa stavby.

6.2 Čerpatelnosť

Čerpanie betónu s vláknami nevyžaduje špeciálne zariadenie. Avšak je užitočné mať vibrátor na mriežke násypky čerpadla na betón.

Betón obsahujúci krátke vlákna hocijakého druhu nebude spôsobovať problémy. Avšak dlhšie oceľové alebo makro-polymérové vlákna so štihlosťou väčšou ako 60, môžu vyžadovať väčšiu pozornosť pri návrhu zloženia betónovej zámesi, zvlášť pri vysokých dávkach (typicky – viacej ako 25 kg/m³ oceľových vlákien alebo viacej ako 10 kg/m³ makro-polymérových vlákien). Toto veľmi závisí na druhu používaných vlákien a dodávateľ vlákien mal by byť schopný poradiť z tohto hľadiska. Odporúča sa, aby priemer hadice čerpadla na betón nebol

menší ako 1,5 násobok dĺžky oceľového vlákna, ale môže byť menší u makro-polymérových vlákien, pretože tieto preukazujú určitú poddajnosť (ohybnosť) v potrubí.

V praxi, s určitou starostlivosťou, môžu byť dosiahnuté dobré výsledky dokonca aj so 60 mm dlhými oceľovými alebo makro-polymérovými vláknami (pri nízkom dávkovaní – od 20 do 25 kg/m³ pri oceľových vláknach alebo 4-6 kg/m³ u makro-polymérových vlákien) v hadiciach s priemerom 63 a 76 mm. Rovnako ako u všetkých druhov betónov je čerpatelnosť viacej vecou návrhu zloženia betónovej zámesi, správnej konzistencie, dobrého mazania čerpadla a všetkých vecí predtým a pozornosti pri kontrole (riadení) tlaku čerpadla na betón.

U betónu obsahujúceho viacej ako cca. 35 kg/m³ oceľových vlákien alebo 10 kg/m³ makro-polymérových vlákien alebo v prípade dlhej a komplikovanej trasy hadíc čerpadla pri doprave betónu, môžu sa prejavovať ťažkosti napriek správnej úprave zloženia betónovej zámesi pri jej návrhu. V tomto prípade sa odporúča výrobcovi betónu urobiť opatrenia v zmysle zmluvy (o dodávkach betónu) pre objasnenie zodpovednosti a po dohode so zhotoviteľom stavby urobiť čerpacie pokusy pred začiatkom práce.

6.3 Obsah vzduchu

Pridanie vlákien môže ovplyvniť obsah vzduchu v hocijakom betóne. V európskych normách EN 14899-1 a EN 14899-2 nie je o tomto zmienka. Použitie povlakov na niektorých vláknach bolo už spomínané v odseku 5.2.4. Toto spolu s použitím plastifikátorov, môže zvýšiť obsah vzduchu v betóne. Skúšky znášateľnosti (kompatibility) by mali byť vykonané pred výrobou betónu, pre vyhnutie sa škodlivému vzájomnému pôsobeniu (interakcii) plastifikátorov (pozri odsek A.3) a pre uistenie, že sa dosiahne požadovaná pevnosť.

6.4 Krvácanie betónu

Pridanie oceľových vlákien alebo makro-polymérových vlákien má malý účinok na intenzitu krvácania betónu, ale polymérové mikro-vlákná môžu významne redukovať oboje: intenzitu aj objem (množstvo) krvácania.

6.5 Plastické zmrašťovanie a vytváranie trhliniek od plastického zmrašťovania

Bolo zistené, že plastické zmrašťovanie a vytváranie trhliniek od plastického zmrašťovania je vo vzťahu ku krvácaniu betónu a/alebo k autogénnemu/chemickému zmrašťovaniu. Polymérové mikro-vlákná môžu preto mať priaznivé vplyvy, zatiaľ čo oceľové a makro-polymérne vlákna majú malý vplyv. Toto je jedna z hlavných príčin pre použitie polymérových mikro-vlákien, zvlášť u vodorovných prvkov (dielov). Ak sa vlákna použijú pre tento účel, typická miera dávkovania je v rozmedzí 600g/m³ až 900 g/m³.

7. Vlastnosti zatvrdnutého betónu

7.1 Všeobecne

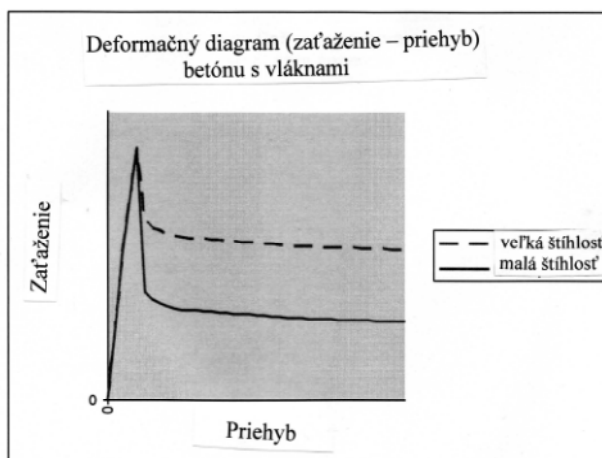
Vlákná sú pridávané hlavne za účelom ovplyvnenia vlastností zatvrdnutého betónu. Mnohé z vlastností zatvrdnutého betónu, ktoré sú ovplyvnené sú zriedkavo špecifikované a nie sú pravdepodobne s nimi oboznámení výrobcovia transportbetónu.

Oceľové a makro-polymérové vlákna významne ovplyvňujú vlastnosti zatvrdnutého betónu nasledujúcim spôsobom:

- Zvýšenie pevnosti v ťahu za ohybu po vytvorení prvej trhlinky
- Zvýšenie šmykovej pevnosti
- Zvýšenie rázovej pevnosti

- Redukcia šírky trhlin (navrhovanie pre limitný stav prevádzky schopnosti)
- Zvýšenie odolnosti voči únave.

Obrázky 12 – 14 ilustrujú hlavné vplyvy rôznych druhov oceľových a makro-polymérových vlákien na vlastnosti betónu.



Obrázok 12: Pevnosť v ťahu za ohybu po vytvorení prvej trhlinky v betóne s vláknami rôznej štihlosti, pri rovnakej dĺžke vlákien a pri tom istom obsahu vlákien (kg/m^3)

Polymérové mikro-vlákná významne ovplyvňujú vlastnosti zatvrdnutého betónu nasledujúcim spôsobom:

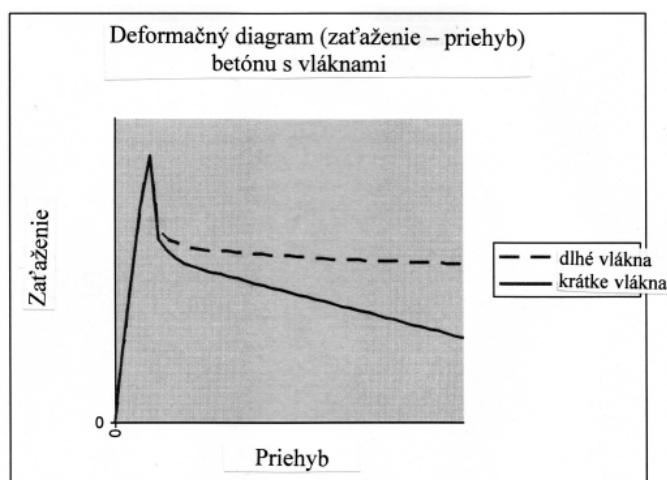
- Zvýšená odolnosť voči výbušnému trhlinkovému štiepeniu (drveniu) počas požiaru, čo je zvlášť dôležité pri výstavbe tunelov.

7.2 Pevnosť v tlaku

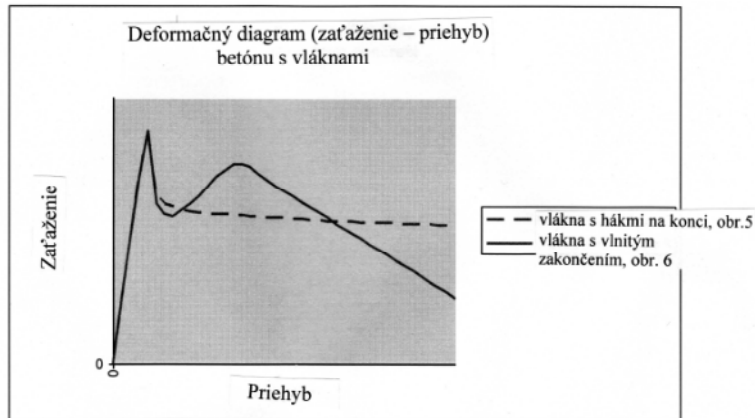
Pridanie vlákien obyčajne neovplyvňuje pevnosť v tlaku betónu, s výnimkou ak je zvýšený obsah vzduchu v betóne, napr. pri vytvorení povlaku na vláknach (pozri 5.2.4)

7.3 Ťahová pevnosť po vytvorení prvej trhlinky

Schopnosť vlákien prenášať napätia cez trhlinky je jednou z najdôležitejších vlastností betónu s vláknami. Táto umožňuje, aby konštrukcia vystužená vláknami udržala podstatný podiel



Obrázok 13: Pevnosť v ťahu za ohybu po vytvorení prvej trhlinky u betónu s vláknami rôznej dĺžky, s rovnakou štihlosťou vlákien a pri tom istom obsahu vlákien (kg/m^3)



Obrázok 14: Pevnosť v ťahu za ohybu po vytvorení prvej trhlinky u betónu s vláknami rôzneho tvaru pri tom istom obsahu vlákien (kg/m^3)

zaťaženia dokonca aj po rozvoji trhliniek. V 95% prípadov, budú betóny s oceľovými a makro-polymérovými vláknami vykazovať stav v čistom ťahu, tak ako je to ukázané na obrázku A.1 v Prílohe A. Avšak pretože skúšku jednoosovým ťahom je ťažko vykonať, zvyčajne sa vykoná skúška pevnosti v ťahu za ohybu – pozri odsek 9.2, 9.3 a Prílohu A. Avšak osová pevnosť v ťahu môže byť vypočítaná z pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky za použitia prepočítacích faktorov.

Pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky sa hodnotí trojbodovou skúškou na hranolčeku (EN 14651) alebo štvorbodovou skúškou na hranolčeku. Obidve metódy sa používajú a výsledky v číselnom vyjadrení nemusia byť nevyhnutne rovnaké.

Pre staticky určité konštrukcie vystavené ohybovým momentom je bežné odvolávať sa na zostatkovú únosnosť ako pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky.

Pri bežnom dávkovaní vlákien (typicky medzi $20\text{--}40 \text{ kg/m}^3$ u oceľových vlákien a $4\text{--}8 \text{ kg/m}^3$ u makro-polymérových vlákien) je pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky menšia ako pevnosť v ťahu za ohybu pri vzniku prvej trhlinky.

Ohybové tvrdnutie, ktoré sa odvoláva na situáciu, keď pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky je vyššia ako pevnosť v ťahu za ohybu pri vzniku prvej trhlinky, sa môže objaviť u oceľových vlákien s vysokou štihlosťou pri dávkach okolo 50 kg/m^3 .

7.4 Požiarna odolnosť

Požiarna odolnosť betónových konštrukcií sa obecné neuvažuje byť ovplyvnená pridaním oceľových vlákien, hoci vlákna môžu redukovať stupeň štiepenia (drvenia) betónu počas požiaru, tak trochu „premostovaním“ plôch odlupujúceho sa (drobiaceho sa) betónu.

Makro-polymérové vlákna budú prispievať k požiarnej odolnosti, ale nebudú tak účinné ako mikro-polymérové vlákna. Pretože sa tavia pri 160°C , nemôžu byť za vyšších teplôt považované za konštrukčnú výstuž.

Ako je ukázané na obrázku 15, odlupovanie (drobenie) betónu počas požiaru je redukované pridaním adekvátnej dávky polymérových mikro-vlákien (priemeru od 3 do $32 \mu\text{m}$), typicky sa za adekvátnu dávku považuje množstvo $1\text{--}2 \text{ kg/m}^3$. V Rakúsku bola v roku 2005 publikovaná „Smernica pre požiarne odolnosť betónov s vláknami“^(iv), vrátane skúšobných metód a požiadaviek na vlákna.



Obrázok 15: Vzorky po skúške na požiarnu odolnosť podľa ^(iv). Naľavo je vzorka s mikrovlákňami, napravo vzorka bez vlákien

7.5 Pevnosť v razu

Pevnosť v razu (rázová pevnosť), duktilita (ťažnosť) a tuhosť obecné narastajú pridaním hocijakých vlákien. Ak sa vyžaduje pevnosť v razu, návrh je obvyčajne stanovený skúškou a potom je betón špecifikovaný druhom a veľkosťou obsahu vlákien.

7.6 Pevnosť v šmyku

Pridanie oceľových vlákien zvýši odolnosť voči šmyku konštrukčných prvkov. Je použitá metóda porušenia ťažnosti, rovnakým spôsobom ako pri použití strmienkov výstuže. Viaceré normy a smernice obsahujú rovnicu vyjadrujúcu účinok oceľových vlákien ako ekvivalent použitia šmykovej výstuže ^(xii).

Odolnosť voči šmyku betónu s oceľovými vlákňami je založená na pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky, stanovovanej normovou skúškou na hranolčeku (Príloha A).

7.7 Trvanlivosť

Zatiaľ čo oceľové vlákna môžu znížiť riziko štiepenia (drvenia) betónu vplyvom korózie výstuže, neznižujú intenzitu korózie alebo intenzitu zmenšovania prierezu.

Vlastná korózia oceľových vlákien na povrchu nespôsobuje žiadne drobenie. Projektanti by mali zvážiť použitie oceľových vlákien v potencionálne korozívnom prostredí, ak vlákna blízko povrchu prispievajú ku konštrukčným (nosným) vlastnostiam.

Oceľové aj makro-syntetické vlákna zlepšujú odolnosť voči oteru.

Polymérové vlákna majú pozitívny účinok na trvanlivosť betónu tým, že znižujú výskyt zmrašťovacích trhlín v rannom veku betónu. Polymérové mikro-vlákna zvyšujú požiarnu odolnosť betónových konštrukcií, tým že redukujú odlupovanie (drobenie) betónu.

7.8 Dotvarovanie

Dôležitosť oceľových a makro-polymérových vlákien pri zvyšovaní pevnosti v ťahu za ohybu betónu po vzniku prvej trhlinky bola vysvetlená v odseku 7.3. Avšak vplyv dotvarovania musí byť vzatý v úvahu. Pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky betónu s polymérovými makro-vlákňami môže byť spočiatku rovná pevnosti betónu ako keby sa použili oceľové vlákna, avšak dlhodobé chovanie môže byť odlišné. Pod stálym zaťažením samotné polymérové vlákna majú tendenciu dotvarovať sa a porušenie vlákien alebo veľké deformácie od dotvarovania sa môžu eventuálne objaviť pri použití oboch druhov vlákien v betóne. Toto sa musí vziať v úvahu pri konštrukčnom návrhu.

8. Počiatočná skúška typu

Normy pre vlákna sú určené pre vlákna samotné, nie pre betón s vláknami. Zhoda s normou EN 14889 negarantuje, že vlákna budú bez problémov pri použití v betóne. Ani žiadna časť normy EN 14889 neobsahuje požiadavky na povlak vlákien.

Nižšie popísané vlastnosti, spolu aj s voľbou druhu a množstva pridaných vlákien (obzvlášť tých s veľkou štihlosťou alebo tých, ktoré sú používané vo veľkých množstvách) môžu vyžadovať modifikáciu návrhu zloženia betónovej zámesi, napr. aby sa kompenzovala strata konzistencie. Použitie vlákien v betóne si vyžaduje počiatočnú skúšku typu, pretože vlastnosti betónu sú ovplyvnené (pridaním vlákien). Potrebné zmeny v betónových zmesiach môžu zahrňovať nasledovné:

- Ak sa vlákna používajú u betónu s nízkou pevnosťou a/alebo čerpaného betónu, typicky stúpa požiadavka na množstvo cementovej pasty
- Prídavné povrchové plochy vlákien môžu vyžadovať väčší obsah cementovej malty, aby sa tak minimalizovalo riziko tuhého betónu, ktorý sa ťažko spracováva do konečného tvaru
- Zvýšenie dávky plastifikátora alebo superplastifikátora
- Povlak na povrchu vlákien môže ovplyvniť vlastnosti čerstvého betónu, v prvom rade obsah vzduchu a preto je potrebné posúdiť tento vplyv pri počiatočnej skúške typu. Môže byť potrebné použiť odlišnú prísadu alebo dokonca iný druh vlákien. Výrobcovia by si mali byť vedomí možnosti zachytávania vzduchových bublínok v betóne, ak sa pridávajú vlákna do betónu. Možná cesta na minimalizovanie tohto rizika je popísaná v odseku 9.3 pod názvom „Praktické skúsenosti v Európe/Rakúsko“ (Skúšanie vplyvu vlákien na obsah vzduchu v betóne)
- Pre zabezpečenie adekvátnej konzistencie betónu s vláknami sa obecné odporúča, aby sa zvýšil obsah jemného kameniva v porovnaní s ekvivalentnou betónovou zmesou bez vlákien
- Zníženie obsahu hrubého kameniva
- Krivka zrnitosti kameniva: preferuje sa kontinuálna krivka zrnitosti oproti prerušovanej krivke zrnitosti
- Maximálne zrno kameniva by nemalo byť väčšie ako je dĺžka vlákna.

PrEN 206 „Betón“ vyžaduje počiatočnú skúšku typu na overenie, či výrobcom deklarovaný postup miešania zabezpečuje rovnomerné (homogénne) rozloženie vlákien v betóne, a čím je daný postup na overovanie týchto požiadaviek. Toto zahrňuje aj situáciu, ak sa miešanie vykonáva v domiešavači za zodpovednosti výrobcu betónu.

9. Špecifikácia

Zo široka povedané, dostupné sú dve metódy špecifikácie: špecifikácia podľa druhu a obsahu vlákien a špecifikácia podľa vlastností betónu s vláknami. Tam kde je špecifikovaný druh a obsah vlákien, toto môže byť v navrhovanom betóne alebo predpísanom betóne.

9.1. Špecifikácia za použitia druhu a obsahu vlákien

Najjednoduchšou a najbežnejšou metódou je pre špecifikátora definovať druh vlákien a obsah vlákien v 1 m^3 betónu (špecifikovaný ako minimálne množstvo), ktorý by mal byť obsiahnutý v betóne. Zodpovednosť dodávateľa betónu je ohraničená pridaním a miešaním správneho druhu a množstva vlákien a zabezpečenia, že vlákna budú homogénne zamiešané, spolu s ďalšími špecifikovanými požiadavkami na betón, napr. konzistenciu, pevnosťou betónu

v tlaku. Špecifikátor preberá zodpovednosť za dodatkové vlastnosti vyplývajúce z pridania vlákien, napr. pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky.

Tam kde sú vlákna pridávané so zodpovednosťou zhotoviteľa stavby, zhotoviteľ musí špecifikovať výrobcovi betónu, že berie v úvahu zmeny, ktoré spôsobia vlákna na vlastnosti betónu.

9.2 Špecifikácia pri vlastnostiach betónu s vláknami

Pr EN 206 nepopisuje podrobne túto metódu špecifikácie a obmedzuje sa na konštatovanie, že detaily musia byť dohodnuté medzi špecifikátorom a výrobcom betónu. V niektorých krajinách (napr. v Rakúsku a Nemecku) betón s vláknami je špecifikovaný triedami vlastností stanovenými v národných dodatkoch ⁽ⁱⁱⁱ⁾ ^(vi) k norme. Tieto triedy môžu byť založené na vlastnostiach akými sú chovanie po vzniku prvej trhlinky v limitnom konečnom stave alebo v stave použiteľnosti (prevádzky schopnosti), pevnosti betónu v ťahu za ohybu, požiarnej odolnosti a zmrašťovania betónu v rannom veku. Výrobca je zodpovedný za návrh a vlastnosti betónu, vrátane rozhodnutia o použitom druhu a veľkosti dávkovania (obsahu) vlákien. Avšak vo väčšine krajín, výrobca transportbetónu musí zdokonaľovať odborné znalosti o návrhu betónu týmto spôsobom. Pr EN 206 uvádza, že ak je betón s vláknami špecifikovaný týmto spôsobom, skúšobná metóda a postup pri preukazovaní zhody musí byť odsúhlasený s výrobcom betónu.

Niektorí výrobcovia majú viaceré „vlastné“ návrhy s uvedenými vlastnosťami, z ktorých si môže špecifikátor vybrať.

9.3 Praktické skúsenosti z Európy

Vo väčšine európskych krajín je špecifikácia betónu s vláknami jednoducho urobená podľa druhu a veľkosti obsahu vlákien v betóne. Obsah vlákien je často stanovený dodávateľom vlákien po prerokovaní s projektantom. Odsúhlasený druh vlákien a obsah vlákien sú špecifikované pre dodávateľa betónu. Toto je bežnou praxou napr. v Českej republike, Dánsku, Fínsku, Francúzsku, Holandsku, Nórsku, Poľsku, Slovensku a Veľkej Británii.

Niektoré príklady národnej praxe (postupu) v metódach špecifikácie sú uvedené v nasledujúcich odsekoch.

Rakúsko

Rakúsko má smernicu pre betón s oceľovými vláknami ⁽ⁱⁱⁱ⁾ so siedmymi triedami pre konštrukčné vlastnosti („T-triedy“) a siedmimi triedami pre použiteľnosť (prevádzkyschopnosť) – „G-triedy“.

Triedy sú založené na meraní pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky. Skúška sa vykonáva na 6 hranoloch (o rozmeroch 600-700 mm x 150 mm x 150 mm) za použitia skúšobnej metódy so 4-bodovým zaťažovaním. Minimálny obsah vlákien 14 kg/m³ je tiež predpísaný.

„T-triedy“ sú založené na minimálnej charakteristickej hodnote medzi 0,4 N/mm² a > 1,9 N/mm² vypočítanej z deformačného (zaťaženie-priehyb) diagramu s priehybom od 0,5mm do 3,0mm. Charakteristické hodnoty sú tiež použité na definíciu „G-tried“, v rozsahu od 0,5 N/mm² do 2,2 N/mm², vypočítaných z deformačného (zaťaženie-priehyb) diagramu pri priehybe 0,5mm.

Dosiahnutie požadovaných vlastností betónu s oceľovými vláknami závisí na type oceľových vlákien (napr. dĺžka, priemer) a ich obsahu (napr. 15 alebo 25 kg/m³) a na vlastnostiach samotného betónu. Zodpovednosťou výrobcu je navrhnúť betón zodpovedajúci predpísanej „T-triede“ a „G-triede“.

Smernica tiež obsahuje triedy pevnosti v ťahu za ohybu (triedy BZ 3.0, BZ 4.5 a BZ 6.0) respektíve s minimálnou charakteristickou pevnosťou v ohybe 2,2, 3,2 alebo 4,2 N/mm².

Špecifikácia vlastností pre zníženie zmrašťovania v rannom veku betónu pre polymérové vlákna je tiež uvedená – jednoduché „FS“ triedy vlastnosti vyžadujú zníženie celkovej dĺžky trhlín o 20% oproti tomu istému betónu bez použitia vlákien.

Osobitná smernica ^(iv) sa zaoberá špecifikáciou požiarnej odolnosti v betóne s polymérovými mikro-vláknami. Vyvinuté boli špeciálne skúšobné metódy a vzorky – pozri obrázok 15. Tento obsah vlákien je často použitý pre konštrukcie tunelov a metra. Navyše nová revízia tejto smernice stanoví požiadavky na zvýšenie obsahu vzduchu. Prax v Rakúsku ukazuje, že skúšanie na malte je dostatočné na určenie zmeny obsahu vzduchu. Rozdiel medzi obsahom vzduchu malty s polymérovými mikro-vláknami a maltou bez vlákien by mal byť menší ako cca. 2%. Obdobné skúšanie je možné a užitočné u ocelových vlákien. Skúšky by mali byť vykonané pri každej novej dodávke vlákien (alebo každých 6 mesiacov) nezávislým laboratóriom so zodpovednosťou výrobcu vlákien alebo dodávateľa vlákien.

Pre preukazovanie zhody nie je žiadna požiadavka na skúšanie bežných vlastností. Existujú dve požiadavky – po prvé dodacie listy musia uvádzať, že používané vlákna sú rovnaké, aké boli použité pri počiatkovej skúške typu. Za druhé - obsah vlákien v čerstvom betóne je overený vymývavou (rozplavovacou) skúškou popísanou v Smernici ⁽ⁱⁱⁱ⁾.

Každá potreba skúšky identity (zhody) musí byť určená klientom a vykonaná zástupcom klienta. Postupy pri skúškach identity (zhody) sú rovnaké ako pre preukázanie zhody a kritéria sú tiež rovnaké.

Česká republika

V Českej republike je špecifikácia obyčajne vykonaná obsahom vlákien, ale jeden dodávateľ ponúka betón s vláknami s popisom zahrňujúcim triedu pevnosti v ťahu.

Nemecko

Nemecko má systém tried vlastností (pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky), ktoré sa používajú pre účely špecifikácie. Určenie triedy vlastnosti je súčasťou počiatkovej skúšky výrobcu. Skúšaných je šesť hranolov (700 mm x 150 mm x 150 mm) za použitia skúšobnej metódy so 4-bodovým zaťažovaním s cieľom určiť charakteristickú hodnotu pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky.

Definované sú dva body vlastnosti (L1 a L2). „L1“ je stanovený ako bod pri priehybe o veľkosti 0,5mm pri skúške na hranole. „L2“ je stanovený ako bod pri priehybe o veľkosti 3,5mm. Deväť tried je definovaných s hodnotou „L1“ a „L2“ s pevnosťou medzi 0 a 2,4 N/mm². Počiatková skúška betónu s vláknami je vykonaná s minimálnym obsahom vlákien plánovaným výrobcu pre každý návrh betónovej zámesi pre neskoršiu plynulú výrobu. Zhoda s triedou vlastnosti každého betónu s vláknami je overovaná každý rok znovu opakovanou skúškou. Bežná zhoda je hodnotená pri skúšaní obsahu vlákien a posúdením dokumentácie pre typ vlákien. Obsah vlákien je potom špecifikovaný triedou pevnosti betónu, triedy vplyvu prostredia a triedou vlastnosti. Skúšky identity (zhody) obsahu vlákien môžu byť urobené zákaznikom. Národné nariadenia sú publikované v „Richtlinie Stahlfaserbeton“ 2010 ^(vi) (Nariadenie pre betón s vláknami) Nemeckou asociáciou železobetónu (DAfStb).

Príklad: Trieda vlastnosti vlákien „C30/37 L 1,8/1,5“ sa zhoduje v praxi so zmesou pre betón C30/37, vystuženou cca. 30 kg/m³ ocelových vlákien (s vysokými koncami) so štihlosťou 80, dĺžkou 60 mm, s koncami vlákien vo tvare hákov a nominálnou ťahovou pevnosťou 1200 MPa.

Trieda vlastnosti „C30/37 L 0,9/0,6 sa zhoduje v praxi so zmesou pre betón C30/37 vystuženou cca. 30 kg/m³ ocelových vlákien (s nízkym zakončením) so štihlosťou 45, dĺžkou 50 mm, s koncami vlákien vo tvare hákov a nominálnou ťahovou pevnosťou 1100 MPa.

Švédsko

Vo Švédsku pokiaľ existuje špecifikácia, rovnako ako inde, je určená obsahom vlákien, niekedy sú uvedené požiadavky na vlastnosti. V súlade s „Technickou správou č.4“^(x) (Švédska smernica pre navrhovanie betónov vystužených vláknami), vlastnosť je často vyjadrená pomocou faktorov zostatkovej (reziduálnej) pevnosti alebo „R-hodnotami“, ktoré sú pomerom pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky a pevnosti v ťahu za ohybu. Tento sa stanovuje pri počiatkovej skúške a zriedkavo sú vykonávané bežné skúšky vlastnosti na overenie vlastnosti stanovenej počas počiatkovej skúšky.

Veľká Británia

Vo Veľkej Británii je bežná špecifikácia podľa typu a obsahu vlákien, ale niektoré spoločnosti vyrábajúce transportbetón ponúkajú údaje o vlastnostiach ich „vlastných“ betónov. Zhoda skúšaním vlastnosti nie je zvyčajne posudzovaná.

10 Preukazovanie zhody

Preukazovanie zhody je vecou výrobcu a súčasťou vnútropodnikovej kontroly.

10.1 Zhoda samotných vlákien

Vlákná preukazujú zhodu podľa EN 14889 a sú zvyčajne označované značkou „CE“. Musia vyhovovať normovým skúškam vnútropodnikovej kontroly a vyhláseniu o zhode podľa EN 14889-1 a 2 – pozri odsek 5.2.1.

Okrem označovania „CE“ by balenie malo mať informáciu o množstve vlákien v jednom vreci.

10.2 Preukázanie zhody obsahu vlákien v betóne

Návrh na preukazovanie zhody obsahu vlákien je obmedzený v revízii EN 206 na záznam dávkovania. Navyše, ak vlákna sú pridávané do domiešavača, mala by byť skúšaná homogénnosť obsahu vlákien (odsek 12.1).

10.3 Preukázanie zhody ak je vlastnosť špecifikovaná

Neexistujú žiadne normové pravidlá pre počiatkové skúšanie alebo hodnotenie zhody vlastnosti betónu s vláknami, ktoré by boli aplikovateľné pre betonáž betón s vláknami na stavbe (existujú normové pravidlá pre striekaný betón). Preto ak je vlastnosť betónu s vláknami špecifikovaná, špecifikátor musí tiež uviesť požiadavky na preukazovanie zhody, vrátane skúšobných metód, pokiaľ nie sú tieto popísané v národných požiadavkách. Tam kde sú uvedené triedy, skúšobné metódy a pravidlá pre preukazovanie zhody by mali byť uvedené v národných nariadeniach. V súčasnosti je takéto skúšanie nepraktické ako rutinné skúšanie a po preukázaní vlastnosti pri počiatkovej skúške, preukazovanie zhody je založené na dávkovaní požadovaného typu a množstva vlákien. Podľa definície, preukazovanie zhody je vecou výrobcov ale počiatková skúška je bežne robená v špeciálne vybavených laboratóriách. V prípade Nemecka, kde je špecifikovaná pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky, od výrobcu sa vyžaduje dokázať vlastnosť pri počiatkovej skúške typu, a potom následne raz za rok; ale pre účely preukázania zhody je posudzovaný len obsah vlákien.

11 Výroba a doprava betónu s vláknami

11.1 Skladovanie vlákien na betonárni

Väčšina vláknových výrobkov je dodávaná do priemyslu transportbetónu ako zabalená od výrobcu vlákien. Vlákná by mali byť skladované tak ako určuje výrobca a to spôsobom, ktorý zabraňuje znehodnoteniu obalu a vriec na skladovanie. Je potrebné poznamenať, že niektoré vrecia na skladovanie môžu byť z materiálu rozpustného vo vode.

Inštrukcie týkajúce sa obalov by mali byť dodržiavané. Niektorí výrobcovia balia vlákna do dvojiténych vriec, kde vonkajšie vrece chráni vnútorné vrece, ktoré je rozpustné vo vode.

11.2 Dávkovanie betónu s vláknami

Vlákná môžu byť pridané do betónu na betonárni alebo na stavbe; v týchto dvoch prípadoch môže byť potrebný rozdielny postup. Zvolený postup pre prídanie vlákien ovplyvňuje kvalitu a vlastnosti betónu.

Otázky právnej zodpovednosti vzniknú, ak zákazník sám pridáva vlákna do betónu.

Existujú tri základné úlohy ak sa dávkuje betón s vláknami:

- Že je pridávaný správny typ a množstvo vlákien
- Že vlákna sú rovnomerne rozložené v betóne: obzvlášť je treba predchádzať vytváraniu zhlukov vlákien
- Že prídanie vlákien nevyrovnáva iné aspekty špecifikácie betónu.

Pokyny pre balenie sú dôležité. Ak sú vlákna balené vo dvojiténych vreciach – vonkajšie vrece musí byť odstránené pred prídanim vlákien do betónu; vnútorne vo vode rozpustné vrece obsahuje vlákna.

Väčšina výrobcov vlákien predpisuje preferované metódy dávkovania, aby sa zaistilo rovnomerné rozloženie vlákien v betónovej zmesi a aby sa dosiahli predpokladané vlastnosti betónu s vláknami.

Vlákná môžu byť pridané priamo do miešačky centrálnej betonárne alebo do domiešavača. Obecné, vlákna by nemali byť pridané pred hrubým kamenivom. Pomalé dávkovanie znižuje tendenciu vlákien ku zhlukovaniu, zvlášť vlákien s problematickým tvarom, napr. vlákien s veľkou štihlosťou (nad 50) a vysoká intenzita dávkovania (viac ako 35 kg/m³ oceľových vlákien alebo 10 kg/m³ makro-polymérových vlákien). Užitočné sú odporúčania výrobcu pre miešanie.

11.2.1 Pridávanie vlákien na betonárni

Pridávanie vlákien na betonárni za zodpovednosti výrobcu betónu je najlepším spôsobom na zabezpečenie kvality betónu. Vlákná môžu byť pridané priamo do domiešavača alebo vo forme prispôsobenej disperzie do miešačky betonárne. Mnohí výrobcovia vytvorili ich vlastný postup dávkovania, ale obecné sa odporúča nasledovné:

Ak je betón za sucha dávkovaný v dávkovacej stanici (t.j. miešanie v domiešavači), na každé vrece vlákien by malo byť pridaných 35 litrov vody na 1 m³ do domiešavača pred prídanim hrubého kameniva a vlákien. Miešanie vlákien s vodou vedie len k vytváraniu zhlukov vlákien. Ideálne sa vyžaduje vykonať sto otáčok domiešavača, aby sa zabezpečilo dobré rozdelenie (rozptyl) vlákien v betóne, v praxi je to však ťažko monitorovať. Preto sa viac (praktickejšie) vyžaduje minimálny čas miešania 5 minút (alebo jedna minúta pre každý m³ betónu) pri maximálnych otáčkach bubna domiešavača.

Z bezpečnostných dôvodov mnohí dodávatelia transportbetónu nedovoľujú pracovníkom prístup na hornú plošinu zadnej časti domiešavača. V takýchto prípadoch je potrebné, aby bol použitý správny systém pridávania vlákien do domiešavača. Jedným možným riešením je pridávať vrecia s vláknami za pomoci tyče. Pre tento účel existujú viaceré automatické alebo poloautomatické systémy.

Polymérové vlákna

Polymérové vlákna by mali byť pridané do domiešavača alebo do miešačky centrálnej betonárne spolu s hrubým kamenivom alebo po nadávkovaní ostatných zložiek betónu; toto napomáha disperzii vlákien a pomáha pri roztrhnutí hocijakého narušeného obalu.

Ak sú polymérové vlákna dávkované priamo do domiešavača, je zvlášť dôležité zabezpečiť, že nastane starostlivé premiešanie. Za praktickú minimálnu konzistenciu pre prácu s betónom obsahujúcim vlákna sa považuje konzistencia 40-50 mm. Preto ak sú vlákna pridané po ostatných zložkách betónu, musí byť prednostne dosiahnutá konzistencia na adekvátnej úrovni skôr ako bude napomáhať pri disperzii vlákien. Avšak neexistuje jednoznačná zhoda na akej úrovni má byť táto konzistencia: odporúčane úrovne sa menia od 50 do 125 mm sadnutia kužeľa.

Oceľové vlákna

Tieto vlákna by nemali byť pridané na začiatku dávkovacieho procesu, ale len vtedy, keď sú už ostatné zložky betónu starostlivo premiešané. Existuje viacero spôsobov pridania vlákien do betónu. Odporúčané metódy sú: rozptýliť vlákna na dopravníku kameniva alebo vo váziacej násypke automatickým spôsobom.

Pojazdný dopravník alebo pevná plošina môžu byť dodané; ak sa používa plošina, mali by byť dostupné mechanické prostriedky na zdvíhanie balíkov s vláknami na plošinu. Pneumatické dúchadlá môžu byť tiež použité na dopravu vlákien do domiešavačov. Niektoré oceľové vlákna so štihlosťou väčšou ako 50 vyžadujú prijatie špeciálnych postupov pre zabezpečenie účinného rozptylu vlákien v betóne. Pre účinný rozptyl vlákien s veľkou štihlosťou by mal výrobca zabezpečiť špeciálne balenie, akým sú balenie v pásoch, zväzky vlákien, vlákna spolu zlepené alebo zabezpečiť zariadenie, ktoré by rovnomerne „rozfúkalo“ vlákna v domiešavači.

11.2.2 Pridanie vlákien na stavenisku

Z viacerých príčin, napr. zabezpečenie ochrany bezpečnosti a zdravia alebo aby sa zabezpečilo správne premiešanie a obecné z hľadiska kontroly kvality, mnohí dodávatelia transportbetónu si neželajú, aby vlákna boli pridávané na stavenisku (toto je aj zakázané v niektorých národných nariadeniach, napr. v Nemecku). Avšak je prípustné, že vlákna sú niekedy pridávané do domiešavača na stavenisku.

Ak sú vlákna pridané za zodpovednosti zhotoviteľa stavby (na betonárni alebo na stavenisku), zodpovednosť za betón po pridaní vlákien musí byť jasne deklarovaná (v písomnej forme).

11.3 Vnútropodniková kontrola

Dokumentované postupy musia byť k dispozícii a musia uvádzať:

- Systém skladovania rôznych typov vlákien
- Identifikáciu skladovaných materiálov
- Metódy, ktoré sú používané pre dávkovanie/rozptyl vlákien
- Požiadavky na bezpečnosť pre narábanie/dávkovanie vlákien
- Systémy používané na stanovenie požiadaviek na betón
- Modifikácie zloženia betónu umožňujúce dosiahnutie optimálnych vlastností betónu s vláknami
- Používané systémy zabezpečujúce, že je dávkovaný správny typ a dávka/množstvo vlákien
- Metódy používané pre zabezpečenie homogénneho rozptylu vlákien v betóne
- Skúšky, ktoré musia byť vykonané na čerstvom betóne

- Skúšky, ktoré musia byť vykonané na zatvrdnutom betóne
- Používané skúšobné metódy
- Frekvenciu skúšok
- Systém, ktorý by mal byť použitý na hodnotenie zhody vlastností betónu s vláknami so špecifikáciou
- Záznamy, ktoré musia byť uchované o výrobe betónu s vláknami.

11.4 Doprava

Obecne nie sú žiadne špeciálne požiadavky na dopravu betónu s vláknami.

11.5 Bezpečnosť a ochrana zdravia pracovníkov

11.5.1 Všeobecne

Je zodpovednosťou výrobcu vlákien dodať dodávateľovi betónu všetky potrebné informácie, ktoré sú bežne deklarované v karte bezpečnostných údajov.

Vlákná s priemerom menším ako 3 μm a so štihlosťou menšou ako 3 môžu byť spojené s rizikom pre ľudské zdravie, špeciálne na dýchanie. Úlomky vlákien takýchto kritických rozmerov môžu byť výsledkom drobenia vlákien, keď betón a vlákna sú vystavené mechanickým napätiam. Výrobca vlákien musí toto deklarovať v karte bezpečnostných údajov. Podľa niektorých národných nariadení použitie takých vlákien nie je dovolené.

Mikro-polymérové vlákna nie sú vystavené drobeniu a tomuto potencionálnemu zdravotnému riziku.

Obecne pridanie makro-polymérových vlákien prináša menej zdravotných a bezpečnostných otázok ako použitie ocelových vlákien, pretože sú ľahšie a preto sa s nimi ľahšie narába. Tieto vlákna tiež nevytvárajú možnosť zranenia zapichnutím (ocelového kúska vlákna).

11.5.2 Pridávanie vlákien do miešačky

Z bezpečnostných dôvodov manuálne narábanie s vláknami by malo byť obmedzené na minimum a je odporúčané používať dopravník. U súčasných vlákien, či už polymérových alebo ocelových sú tieto pridávané priamo do domiešavača za použitia predom odvážených rozpustných alebo nerozpustných vriec alebo krabíc alebo sú dodávané priamo do pevnej centrálnej miešačky kontinuálnym spôsobom („pasové dávkovanie“).

Obecné otázky bezpečnosti pri práci a ochrany zdravia pracovníkov pri dávkovaní vlákien sú:

- Manuálne narábanie s vláknami
- Práca vo výškach
- Riziko pre oči
- Fyzické poškodenie kože spôsobené penetráciou (vniknutím) ocelových vlákien

Pri použití metódy na ukladanie vlákien na zadnú časť domiešavača môžu byť:

- Použitím dopravného pásu (bežná metóda používaná v betonárni)
- Manuálna dodávka z plošiny vybudovanej pre tento účel (vytvorenie lešenia – konštrukcie na stavenisku)

V oboch prípadoch je potrebné vlákna manuálne zdvíhať, buď aby boli umiestnené na dopravníkový pás alebo do bubna domiešavača. Niekedy sú používané nebezpečné rebríky. Špecifické potencionálne riziká vznikajú z každého tohto spôsobu práce:

Špecifické potencionálne riziká vznikajúce pri použití dopravníkových pásov:

- Zranenie očí z ľahkých vzduchom unášaných polymérových vlákien
- Manuálne zdvíhanie vriec s vláknami na dopravný pás (riziko poškodenia chrbta)

Špecifické potencionálne riziká vznikajúce pri použití plošiny:

Dočasné alebo trvalé plošiny sa môžu používať na pridávanie vlákien do domiešavača alebo miešačky. Potom treba brať v úvahu:

- Riziko pádu pri práci vo výške
- Zranenie očí od špliechania betónovej zmesi alebo zo vzduchom unášaných vlákien
- Nestabilita plošiny (doporučené sú upevnené plošiny)
- Manuálne narábanie s vláknami smerom nahor k plošine (riziko poškodenia chrbta/riziko pádu).

Špecifické potencionálne riziká vznikajúce pri použití rebríkov:

Rebríky sú niekedy používané pre výstup na zadnú plošinu domiešavača za účelom dávkovania vlákien vlákien priamo do domiešavača. Avšak mnohé spoločnosti zakazujú túto prax a odstránili rebríky zo svojich domiešavačov. Špecifické riziká vznikajúce pri tomto spôsobe zahŕňujú:

- Pády spôsobené manuálnym narábaním s vláknami za súčasného výstupu pracovníka smerom nahor (lezenia)
- Pohyb rebríka spôsobeného pohybom domiešavača.

V krátkosti: rebríky by nemali byť používané.

12 Progres v normalizácii, betón s vláknami v prEN 206

Európske normy sú teraz dostupné pre samotné vlákna a pre skúšanie obsahu vlákien v betóne. Avšak súčasná norma pre betón EN 206-1 nepokrýva použitie vlákien v betóne. V prEN 206 pravidlá pre preukazovanie zhody sledujú nemecký metodický prístup, t.j. obmedzený na preukázateľné dôkazy zo záznamov o dávkovaní správneho obsahu vlákien.

12.1 Požiadavky na preukazovanie zhody

PrEN 206 dovoľuje, aby betón s vláknami bol špecifikovaný typom a obsahom vlákien alebo jeho vlastnosťami. Avšak nezahrňuje žiadne kritéria pre triedy vlastností – v tomto prípade odporúča použiť národné požiadavky.

Preukázanie zhody pre špecifikovaný minimálny obsah vlákien sa hodnotí rovnakým spôsobom ako napríklad minimálny obsah cementu alebo obsah prísad. Preukázanie zhody je založené na preukázaní obsahu vlákien – obsah vlákien sa zoberie buď ako zaznamenaná hodnota na výtlačku záznamu o dávkovaní alebo tam kde sa nepoužíva záznamové zariadenie, zo záznamu o výrobe v spojení s pokynmi pre dávkovanie. Hodnotenie sa vyžaduje vykonať najmenej raz za deň.

Obsah vlákien je špecifikovaný (predpísaný) minimálnou hodnotou. PrEN 206 udáva dolnú hranicu na preukazovanie zhody pre obsah oceľových vlákien (jedna skúška) ako špecifikovanú hodnotu pre násobenú koeficientom 0,95 a pre obsah polymérových vlákien koeficientom 0,90 – hodnotený v oboch prípadoch zo záznamu o výrobe. Čo sa týka iných vlastností, skúšky preukazovania zhody obsahu vlákien sú založené na skúšaní premenných v súlade s ISO 3951:1994 tabuľka II-A (AQL = 4 %).

Tam kde sú vlákna pridávané do domiešavača na stavenisku existuje ďalšia požiadavka na preukázanie zhody v homogenite (rovnorodosti) miešania prostredníctvom układania, skúšaná v rovnakej frekvencii ako pevnosť v tlaku. Táto skúška je založená na skúšaní jednotlivých hodnôt. Sleduje rovnaké princípy aké sú princípy pri skúšaní konzistencie čerstvého betónu

alebo obsahu vzduchu. Kritéria pre preukazovanie zhody a kritéria pre možné skúšky identity (zhody) vykonávané zákaznikom sú rovnaké.

12.2 Požiadavky na skúšky identity (zhody) pre obsah vlákien a homogenitu čerstvého betónu

Pravidlá pre skúšky identity sú zahrnuté v prEN 206.

Vyžaduje sa, aby skúšobný postup pre stanovenie obsahu oceľových vlákien a homogenitu miešania bol v súlade s EN 14721 za použitia 3 vzoriek pre 1 náklad.

Vyžaduje sa, aby skúšobný postup pre obsah polymérových vlákien (s vylúčením vzorkovania) a homogenitu miešania bol v súlade s EN 14488 za použitia 3 vzoriek pre 1 náklad.

V oboch prípadoch 3 vzorky by mali byť odobrané počas vyprázdňovania betónu z prvej, strednej a poslednej tretiny nákladu.

Predpokladá sa, že betón pochádza z vyhovujúceho súboru ak vyhovuje obom kritériám v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Kombinované kritéria pre obsah vlákien a homogenitu čerstvého betónu

Použiteľné pre	Kritérium
Každá vzorka	$\geq 0,80$ predpísanej minimálnej hodnoty
Priemer z troch vzoriek z jedného nákladu	$\geq 0,85$ predpísanej minimálnej hodnoty

V praxi nie je ľahké vyhovieť týmto požiadavkám, zvlášť u polymérových vlákien a nie je istota, že skúšobná metóda v norme EN14488-7 je platná pre betón s mikro-vláknami. V niektorých prípadoch, aby výrobcovia zabezpečili zhodu, musia zvýšiť obsah vlákien o 10 až 20%.

12.3 Požiadavka na rozloženie vlákien v zámesi

U betónu s vláknami, aby tento splnil svoj účel je podstatné, aby vlákna boli rovnomerne rozložené (rozptýlené) v mase betónu. PrEN 206 obsahuje požiadavku, že počiatočná skúška overí, či výrobcom preukázaný dávkovací postup docielí homogénne rozloženie (rozptyl) vlákien v betóne. Navyše, ak sú vlákna pridané do domiešavača, homogenita miešania je skúšaná tak ako je to popísané v odseku 12.1.

12.4 Ďalšie požiadavky

12.4.1 Poskytnutie informácií

Na požiadanie výrobcu musí dať popis vlákien (podľa EN 14889-1 alebo 2) a uviesť obsah vlákien, ak je betón špecifikovaný týmto spôsobom. Dodací list musí uvádzať buď typ a obsah vlákien alebo ak je betón špecifikovaný vlastnosťami, triedu vlastnosti alebo požiadavky na vlastnosti.

12.4.2 Tolerancie dávkovania

Tolerancie dávkovania vlákien sú rovnaké ako tolerancie pre dávkovanie prísad a prímiesi. Tolerancia je ± 3 % požadovaného množstva, tam kde hmotnosť použitých vlákien je vyššia ako 5 % podľa hmotnosti cementu a ± 5 %, ak hmotnosť vlákien je 5 % alebo menej podľa hmotnosti cementu.

12.4.3 Proces dávkovania

Vlákná sú pridávané počas hlavného miešacieho procesu alebo pri druhej miešacej operácii v domiešavači. Ak sú pridané vlákna do domiešavača, betón musí byť znovu premiešaný dovtedy kým vlákna neboli kompletne rozptýlené všade v zmesi.

13 Odporúčania

Dané sú nasledujúce odporúčania:

1. Viacej výskumu alebo informácií je potrebných o riziku zavlečenia vzduchu do betónu pridaním vláken. Od dodávateľov vláken by sa malo žiadať preukázať, že vlákna nezvyšujú nevhodne obsah vzduchu v betóne alebo dávajú konzistentný (zhodný) nárast obsahu vzduchu (pozri odsek 9.3 Praktické skúsenosti z Európy/Rakúsko).
2. Kde sa vyžaduje skúšanie obsahu vláken výrobcovia by mali zvážiť, či je nevyhnutné mať „cieľový“ obsah vláken, vyšší ako predpísaný minimálny, ktorý je prípustný z hľadiska chýb merania.
3. Vzhľadom na ťažkosti skúšania obsahu vláken tvrdnúceho betónu, súčasná najlepšia prax (skúsenosť) je popísaná v prEN 206.
4. Tam kde sú špecifikované (predpísané) vlastnosti, tieto vlastnosti musia byť preukázané počas počiatočného skúšania a preukazovanie zhody by malo byť založené na dokázaní, že schválený typ a množstvo vláken bolo nadávkované.
5. Takéto vlastnosti betónu s vláknami by mali byť založené na existujúcich a stále vyvíjaných európskych skúšobných metódach a spoločných triedach vlastností a tieto sú prijaté na európskej úrovni a zahrnuté do budúcej revízie EN 206.

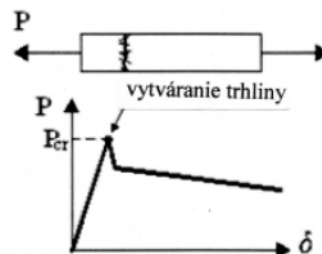
Príloha A: Doplnujúca informácia o skúšobných metódach

Príloha A vysvetľuje podrobnejšie prečo skúška v ťahu za ohybu je častejšie používaná ako osová skúška pevnosti v ťahu.

A.1 Osová pevnosť v ťahu po vzniku prvej trhlinky

Osová pevnosť v ťahu vyžaduje, aby betónové vzorky boli vystavené čistému a rovnomernému ťahovému napätiu. Toto sa len ťažko dosahuje. Navyše, pretože je napätie po celom priereze, je tu vyššia pravdepodobnosť, že bude malý predpoklad, že spôsobí prvú trhlinu. To ma za následok nižšiu ťahovú pevnosť, ako tá ktorá je získaná pri skúške v ťahu za ohybu a nižšia presnosť. Pretože je ťažké uskutočniť pozdĺžnu ťahovú skúšku, vysokoškolský vzdelaní experti v tejto oblasti vybrali skúšku pevnosti v ťahu za ohybu na hranoloch.

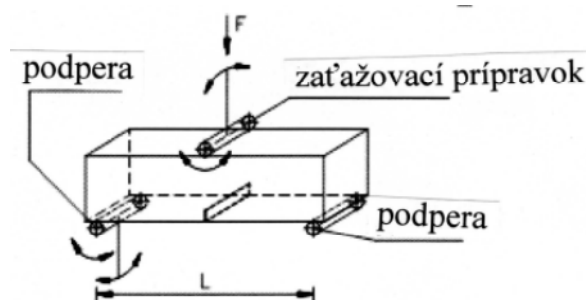
P_{cr} je zaťaženie pri ktorom matrica praská. Vlákna zohrávajú svoju úlohu po vzniku prvej trhliny a ich vplyv začína v deformovanej ploche od bodu P_{cr} .



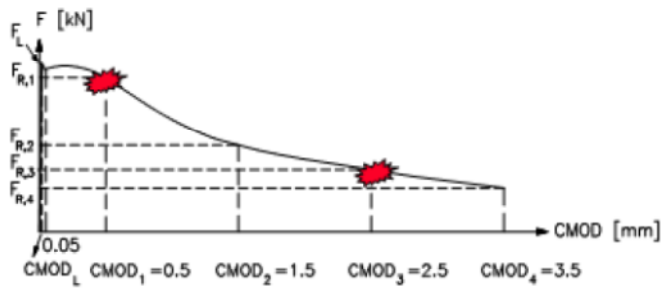
Obrázok A.1: Osová ťahová skúška (prameň: „fib modelový predpis“: navrhnutá verzia 2010^(XV))

A.2 Pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky

Pri trojbodovej skúške maximálna pevnosť v ťahu za ohybu je pri bode a ploche oproti strednému bodu zaťaženia, zatiaľ čo pri 4-bodovej skúške je nad medzi dvomi strednými zaťažovacími bodmi, t.j. na väčšej ploche. Čím väčšia je plocha, tým je väčšia pravdepodobnosť, že toto bude mať malý predpoklad, že spôsobí prvú trhlinu. V dôsledku toho 4-bodová skúška na hranole pravdepodobnejšie dá nižšiu pevnosť v ťahu za ohybu ako trojbodová skúška. Ako je vysvetlené v odseku 7.3, skúška na hranole sa používa na hodnotenie vlastností betónu s vláknami. EN14651: Skúšobná metóda pre betón s kovovými vláknami – Meranie pevnosti betónu v ťahu za ohybu popisuje európsku skúšku na hranole pre betón s oceľovými vláknami.



Obrázok A.2: Trojbodová skúška pevnosti v ohybu na hranole pre betón vystužený vláknami (prameň: EN 14651)



$$f_{R,j} = \frac{3 F_j l}{2 b h_{sp}^2}$$

kde:

$f_{R,j}$... pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky

F_j ... zaťaženie (j ... CMOD)

l ... rozpätie (pozri obrázok A.2)

b ... šírka hranola

h_{sp} ... výška hranola

Obrázok A.3: Pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky $f_{R,j}$ (EN 14651)

Pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky sú odvodené od rôznych otváraní trhlín, typicky od posunu začiatkov otvorov trhlín (CMOD) o 0,5 mm pre návrh šírky trhlín a typicky pri CMOD rovné 2,5 mm pre návrh na medzi únosnosti. Viac rád o navrhovaní sa dá nájsť v „*fib* modelovom predpise^(xv)“. Alternatívne, krajiny ako Nemecko, Rakúsko, Taliansko, Španielsko zaviedli svoje vlastné normy pre navrhovanie betónu s oceľovými vláknami. Všetky tieto návrhové normy používajú pevnosť v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky u betónu s oceľovými vláknami, ale skúšky na hranole sa rôznia od krajiny ku krajine (trojbodové alebo štvorbodové skúšky na hranoloch). Výrobcovia by sa mali oboznámiť s typom hranolovej skúšky aplikovanej v mieste použitia betónu.

Táto vlastnosť sa používa pri špecifikácii (predpise) vlastností. Napríklad Nemecko a Rakúsko stanovili triedy pevnosti v ťahu za ohybu po vzniku prvej trhlinky na použitie pri špecifikácii – pozri 9.3.