

Technicko-ekonomické zhodnocení 20leté praxe používání trubního materiálu z tvárné litiny pro potrubní sítě v České republice

Ing. Juraj Barborik

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

Odlévání trub ze šedé litiny má téměř 150letou zkušenost. Šedá litina byla modifikována hořčíkem ve prospěch zvýšení mechanických vlastností při zachování vysoké odolnosti vůči korozi. V průběhu posledních 20 let byl zaznamenán dynamický vývoj v oboru trubního materiálu z tvárné litiny a široké praktické užití trubek z tvárné litiny nejenom Evropě, ale zejména v České republice.

Jednalo se o kvalitativní vývoj povrchových ochran a spojů včetně vývoje nových trubních systémů. Praxí osvědčená vnější aktivní povrchová ochrana žárovým zinkováním byla rozšířena o vnější aktivní povrchovou ochranu žárovým zinko-aluminiovým povlakem ZINALIUM vhodným pro všechny typy púd.

Kvalitativnímu technologickému vývoji výroby trub koresponduje odpovídající revize evropských norem v souladu s požadavky na ekologii a životní prostředí. Nová vydání normy EN 545 (ČSN EN 545) zpřísňují a zvyšují základní technické požadavky na protikorozní ochranu potrubí, spoje a příslušenství. Minimálně zachovávají nebo zvyšují užité parametry potrubních sítí z tvárné litiny. Zvýšené užité parametry trubních materiálů mají pozitivní vliv na investiční a provozní náklady, což dokládají i praktické výsledky z provozování potrubních sítí z tvárné litiny.

Úspora investičních a provozních nákladů motivuje evropské výrobce k mnoha inovacím. Největšího evropského výrobce motivovala i k vývoji nového samostatného trubního systému z tvárné litiny BLUTOP, paralelního k trubním systémům podle EN 545. Cílem je zvýšení kvality vodovodních sítí malých jmenovitých světlostí.

Vynikající praktické zkušenosti z klasických popřípadě bezvýkopových technologií pokládky litinových trubek jsou reprezentovány stoupajícím počtem realizovaných staveb vodovodů z tvárné litiny a jejich podílů v potrubních vodovodních sítích s minimální až nulovou poruchovostí.

Výběr trubního materiálu by měl být prováděn na základě technicko-ekonomických investičních a zejména provozních parametrů, životnosti a spolehlivosti.

Historie, vývoj a užití litinových trub

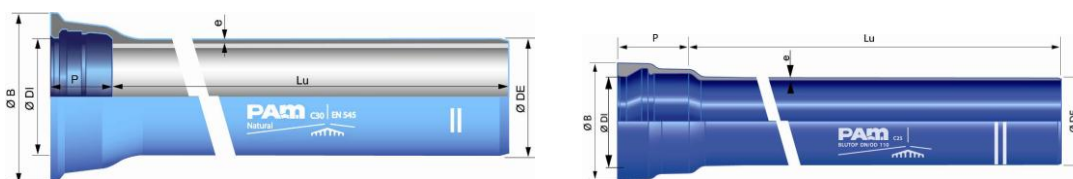
Vertikální odlévání litinových trub (do písku) bylo uvedeno do praxe v roce 1890. První významná stavba na území České republiky byla v roce 1910 výstavba Káranského přivaděče pitné vody pro Prahu DN 1100 v délce 24 km. V roce 1928 byla zavedena v Evropě technologie odstředivého lití trubek, která představuje rychlejší výrobní technologii se stabilními výsledky.

Roky 1942 až 1943 byly přelomové z hlediska technologie odlévání litiny. Pouze přidání malého množství hořčíku do šedé litiny zcela odstranilo nebezpečí lomů. Vznikla tvárná litina s výjimečnými mechanickými vlastnostmi a vysokou odolností proti deformacím. Koncem padesátých a začátkem šedesátých let minulého století nastal bouřlivý rozvoj odlévání z tvárné litiny včetně prvních trubek s největší pevností,

těsností, trvanlivostí a spolehlivostí. Proces výroby trubek z tvárné litiny byl zaveden v průmyslovém měřítku kolem roku 1957. Tvárná litina jako materiál pro výstavbu tlakových potrubí je ideálním kompromisem spojujícím pružnost s pevností. Výjimečné mechanické vlastnosti trubek z tvárné litiny, zejména pružnost, pevnost v tahu, kruhová a podélná tuhost a k tomu životnost přesahující 100 let, dělají z trubek z tvárné litiny potrubní materiál vhodný do všech terénů se schopností snášet statické a dynamické namáhání bez porušení stěny trubky. V roce 1972 je vyrobena v Evropě již trubka DN 1400 a v roce 1998 DN 2000. Od 60. let dvacátého století se v praxi začíná využívat aktivní vnější povrchová ochrana pozinkováním trub a vnitřní ochrana cementovým vyloženíem.



Založením distribuční společnosti v roce 1992 začíná dovoz trub z tvárné litiny se žárovým zinkováním do České republiky. Výroba a následně dovoz jsou v roce 2001 až 2002 rozšířeny o kvalitativně vyšší stupeň ochrany a to o žárový zinko-aluminiový povlak s označením ZINALIUM. V roce 2008 je žárový zinko-aluminiový povlak použit i u nového trubního systému BLUTOP, jehož dovoz do České republiky je zahájen v roce 2010.



Obr. 1. Trubky NATURAL a BLUTOP s vnější povrchovou ochranou ZINALIUM

Kvalitativní vývoj povrchových ochran, technologický vývoj výroby a tomu odpovídající revize technické legislativy

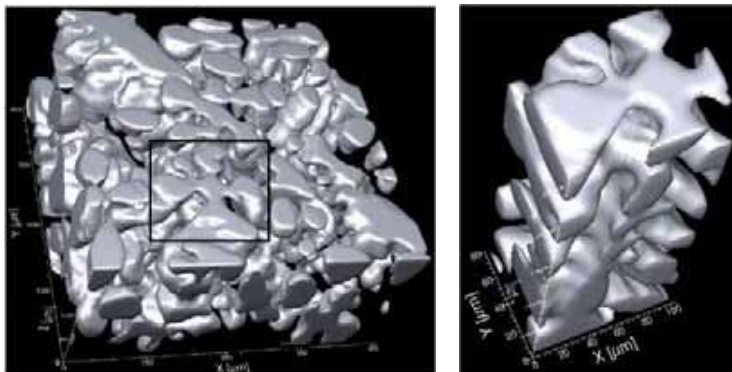
Návrh, testování a výroba trubek probíhá v souladu s evropskými a mezinárodními normami. Inovační výsledky jednotlivých výrobců jsou promítány do tvorby norem. V roce 1934 zakládá společnost PAM výzkumné a vývojové centrum.

Jeden z mnoha výsledků výzkumu technického oddělení PAM je i žárový zinko-aluminiový povlak. Prezentace plánu na posílení aktivní ochrany trub byla předvedena již v roce 1969. První laboratorní zkoušky byly provedeny v letech 1970 až 1972 a to včetně následného zakopání vzorků do velmi vysoce agresivních půd. Zkušební a kontrolní vyzvednutí těchto vzorků začalo v roce 1978, rozsáhlé expertizy vyzvednutých vzorků probíhají zejména v letech 1982 až 1998. Definitivní rozhodnutí o vhodné kombinaci složení nového povrchu, zejména poměru slitiny zinku a hliníku, je učiněno v roce 1998. Vnější protikorozní ochrana žárovým zinko-aluminiovým povlakem v poměru 85/15 v množství 400 g/m² (dle normy následně překryta krycí vrstvou – modrým epoxidem) je dnes patentově chráněna a nese technické označení ZINALIUM. Jednotliví výrobci mají přístup k zakoupení licence.



Tato progresivní aktivní galvanická povrchová ochrana proti půdní agresivitě a korozním účinkům zemin ZINALIUM je podle EN 545 určena pro uložení do všech

typů půd v našich teritoriálních podmínkách vyjma prostředí s výskytem velmi vysokých hodnot bludných proudů. Pro tyto případy jsou k dispozici speciální povrchové ochrany, odpovídající normě EN 545. ZINALIUM postupně nahrazuje žárové zinkování mající podle EN 545 příslušná omezení. Je nutné posoudit úroveň půdní koroze z hlediska zemin a dodat trubky s doplňkovou nebo se speciální povrchovou ochranou.



Obr. 2. Mikroskopický 3D snímek slitiny žárového zinko-aluminiového povlaku ZINALIUM

Výzkum, vývoj a praktické aplikace povrchových ochrany za posledních více než 50 let potvrdily přednosti konstrukčního systému trubek z tvárné litiny skládající se ze samotné stěny a vnitřní a vnější protikorozi ochrany. Pouze kovové materiály mají stálé mechanické vlastnosti. Mechanické parametry stěny litinové trubky jsou stálé po celou dobu životnosti, protože vnitřní a vnější koroze je zabráněno aktivní povrchovou ochranou.

Z technologického a mechanického hlediska nutná tloušťka stěn trubek ze šedé litiny byla nahrazena tloušťkou stěny z tvárné litiny vysokých mechanických parametrů. V počátcích tato tloušťka stěny odpovídala technologickým možnostem a skutečnosti, že trubky byly bez aktivní povrchové ochrany.

Mylná je představa, že životnost potrubí z tvárné litiny je závislá na tloušťce litinové stěny samotného výrobku. To by zcela popíralo vývoj, existenci a praktické zkušenosti vnitřní a vnější ochrany potrubí, zejména vnějšího povlaku žárového pozinkování ze zinko-aluminové slitiny, které se staly dnes základním nosným prvkem ochrany litinových trub.



Obr. 3. Vyzvednuté vzorky po mnoha letech v agresivním půdním prostředí s kolísající hladinou podzemní mořské vody. Zleva: bez ochrany, žárové zinkování, žárové zinkování slitinou zinku s hliníkem (prodloužená aktivní ochrana a rozsah použití)

Technologickému vývoji odpovídá i vývoj technických a technologických předpisů zejména normotvorné legislativy. Norma, podle které se realizuje výroba, je EN 545 (ČSN EN 545 – 12 2070) Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro vodovodní potrubí - Požadavky a zkušební metody. EN 545 vydání 1994 (ČSN EN 545 – 12 2070 vydání 1997) uváděla pouze povrchovou ochranu pozinkováním o minimální hmotnosti 130 g/m², ale speciální ochrany byly bez výrobních EN norem. Praxe potvrzovala funkčnost venkovní aktivní ochrany pozinkováním a EN 545: 2002 (ČSN EN 545: 2003) základní povrchovou ochranu pozinkováním 130 g/m² rozšířila o množství pozinkování 200 g/m² a o vrstvu žárového pozinkování ze slitiny zinku a hliníku o minimální hmotnosti 400 g/m². Speciální ochrany nebyly ještě řízeny výrobními EN normami. Vydání normy EN 545: 2006 (ČSN EN 545:2007) potvrdilo základní povrchové ochrany a poprvé specifikovalo výrobu speciálních povrchových ochrany dle evropských norem. Platné vydání normy EN 545 z roku 2010 (nabití statutu ČSN EN 545 v květnu 2011) utvrdilo funkčnost aktivní povrchové ochrany zvýšením minimální hodnoty žárového zinkování na 200 g/m². Norma uvádí použití žárového zinko-aluminiového povlaku 400 g/m² pro všechny typy půd. Nadále norma doporučuje používat speciální povrchové ochrany (extrudovaný polyetylén, polyuretan, vnější povlak z cementové malty, práškový epoxid – tvarovky atd.) vyráběné pouze podle příslušných EN.

Systém žárového zinko-aluminiového povlaku ZINALIUM nevyžaduje průzkum půdy v trase potrubí a předchází riziku vzniku koroze v trase potrubí.

Vnitřní cementová malta chrání litinu jednoduchým mechanismem tzv. pasivace. Po uvedení do provozu voda proniká přes cementovou maltu a obohacuje se alkalickými prvky a tím ztrácí agresivitu s kovovým povrchem. Případné mikrotrhliny se zacelí bobtnáním a hydratací.

Norma EN 545:2010 (ČSN EN 545:2011)

Technické normy jsou založeny na společných výsledcích vědy a praxe. Revize EN 545 proběhla na základě inovace techniky odlévání a právě praxí potvrzených zkušeností zaměřených na dosažení optimálního společenského prospěchu. Norma řídí varianty, použitelnost, bezpečnost a ochranu životního prostředí, uvádí srozumitelnou specifikaci trubek a výkonnosti spojů, klade důraz na ekonomickou efektivnost investic potrubních systémů. Přínosem technické normy je zlepšení vhodného užití trubního systému pro zamýšlené účely obnovy a pokládky tlakových sítí. Jednotlivé komponenty vodovodního potrubí nejsou posuzovány jednotlivě, norma nahlíží na trubky, tvarovky a příslušenství jako na ucelený potrubní systém. Stanovuje funkční požadavky pro všechny komponenty vodovodního potrubí včetně spojů.

Podle normy se definuje trubní systém z tvárné litiny jako celek a to dovozeným provozním tlakem PFA (PFA podle EN 805:2000) s 3-násobným koeficientem bezpečnosti. K jednotlivým dovozeným provozním tlakům PFA jsou přiřazeny tlakové třídy C (C20, C25, C30, C40, C50, C64 a C100). Číslo u tlakové třídy odpovídá dovozenému provoznímu tlaku PFA v barech, kterému skupina trubního systému a příslušenství s pružným násuvným hrdlovým spojením odolá po celou dobu životnosti.

Norma stanovuje všem výrobcům následující tlakové třídy C pro trubky podle jmenovitého průměru:

DN 40 až DN 300	C40	PFA 40 barů
DN 350 až DN 600	C30	PFA 30 barů
DN 700 až DN 2000	C25	PFA 25 barů

Tyto tlakové třídy C40 až C25 jsou základní (preferované) výrobní tlakové třídy pro všechny běžné aplikace tlakových vodovodních sítí.

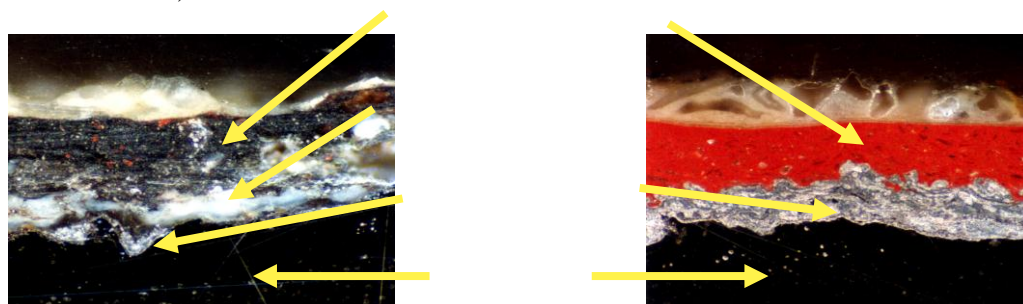
Tlakové třídy C 50 až C 100 jsou určeny pro vysokotlaké rozvody (např. potrubní přivaděče k derivačním elektrárnám, zasněžovací systémy apod.), popřípadě pro speciální aplikace (např. bezvýkopové technologie apod.).

Ochrana litiny před korozi je dosažena volbou vhodné vnitřní a vnější protikorozi ochrany.

Norma EN 545 obsahuje i normativní přílohy A až F. Tyto přílohy stanovují podmínky použití potrubí z tvárné litiny při zachování dlouhodobé provozní funkčnosti, bezpečnosti a ekonomické výhodnosti, díky konstantním vlastnostem trubního materiálu vedou ke statické a protikorozi stabilitě průřezu s vysokými bezpečnostními faktory.

Přílohy D, E a F jsou přílohy pro praktickou aplikaci. Přílohy D a E specifikují jednotlivé alternativní a speciální vnitřní a vnější povrchové ochrany a stanovují rozsah použití protikorozi ochrany ve vztahu k půdnímu prostředí a k charakteristice dopravované vody. Příloha F definuje výpočtovou metodu potrubí uložených v zemi a tabelárně uvádí dovolené minimální a maximální výšky krytí pro jednotlivé preferované (základní) tlakové třídy C.

Všichni evropští výrobci produkují výrobky pouze podle platné EN 545: 2010 (ČSN EN 545: 2011)



Obr. 4. Mikroskopický snímek řezu stěny litinové trubky: vlevo: zinkování s krycí bitumenovou vrstvou, vpravo: aktivní robustní vrstva pokovení zinko-aluminiovým povlakem a s krycím epoxidovým povlakem

Základní technické požadavky na potrubí a užité parametry potrubních sítí, investiční a provozní náklady, poruchovost

Průzkumem u několika provozovatelů a vlastníků vodovodů bylo zjištěno, že na potrubí a parametry vodovodní sítě kladou následující obecné technické požadavky (pořadí podle důležitosti):

1. vodotěsnost daná pevností stěny potrubí (odolnost vůči trhlinám a proděravění)
2. délka praktické provozní životnosti a spolehlivosti (nízká poruchovost), daná odolností proti korozi a stárnutím potrubí
3. kvalita spojů a jejich provádění
4. odolnost proti vnějším vlivům (zatížení zeminou a dopravou, odolnost proti vlivu zásypu potrubí a pohybu zeminy), použití i v agresivním prostředí
5. cena (kompletní včetně zemních prací)
6. hydraulické parametry potrubí
7. neovlivňování kvality dopravované pitné vody
8. odolnost potrubí proti případným chybám při montáži a pokládce
9. sortiment tvarovek a příslušenství
10. připojení armatur.

Podle legislativy sledují provozovatelé/vlastníci členění materiálu vodovodů na kovy a plasty. Mnoho provozovatelů nad rámec legislativy eviduje statisticky materiál jako litinu šedou a tvárnou, AZC, plasty, ocel a ostatní materiál.

Podle průzkumu se celková poruchovost vodovodních sítí pohybuje od 0,35 až 0,21 poruchy/km/rok. Poruchovost potrubí z tvárné litiny je 0,00 až 0,002 poruchy/km/rok.

Podíl tvárné litiny na celkové délce potrubí se zvyšuje. U některých vlastníků/provozovatelů je znatelný nárůst podílu tvárné litiny na celkové délce potrubí z 0 % v roce 1992 až na současných 10 % z celkové délky potrubní sítě. To představuje u některých vlastníků/provozovatelů podíl až 53 % tvárné litiny na veškeré nové výstavbě, obnově a rekonstrukci vodovodní sítě. Zvyšující se podíl tvárné litiny snižuje celkový počet poruch.

Mechanické vlastnosti tvárné litiny se časem nemění. Materiál je pružný a pevný s vysokým koeficientem bezpečnosti po celou dobu životnosti. Potrubní systém má vynikající odolnost proti prasknutí, což umožňuje odolávat provozním rizikům (rázy, pohyby půdy atd.), zvládat změny při a po pokládce z důvodů změny statického a dynamického zatížení.

Nový trubní systém z tvárné litiny – systém BLUTOP

Francouzské slévárny SAINT-GOBAIN PAM mají v posledním desetiletí jednu z hlavních pozic v oblasti modernizace výrobků a hledání nových přístupů a konstrukcí. V roce 2008 vyvinuly a následně uvedly na trh zcela nový paralelní trubní systém z tvárné litiny BLUTOP pro distribuci pitné vody malých jmenovitých světlostí. Základní charakteristiky systému BLUTOP nabízí pro všechny subjekty v oblasti vodohospodářství zcela nové přístupy k uplatnění litiny a přináší finanční úspory jak investiční tak provozní. S úspěchem se zavedl od roku 2010 i na český trh.

Nová řada trubního systému z tvárné litiny BLUTOP je definována podle EN 805 jmenovitým vnějším průměrem OD, a to v rozměrech DN/OD 75, 90, 110, 125, 140 a 160 mm korespondující s umělohmotnými materiály.

Trubky BLUTOP jsou vyráběny z tvárné litiny, stavební délka trubek je 6 metrů, tlaková třída C 25 a s vnějším povrchem žárového pokovení ZINALIUM - slitina zinku a hliníku (85/15) v množství 400 g/m² s krycím nátěrem modrého epoxidu o síle 120 μm podle normy EN 545. Vnitřní povrch trubek tvoří termoplastický epoxid DUCTAN o síle 300 μm, čímž se podařilo snížit celkovou hmotnost trubky. Při pokládce se trubky bez problémů ručně přenáší a montují. Například trubka BLUTOP DN/OD 110 váží 45 kg, trubka BLUTOP DN/OD 90 váží 37 kg.



Tlaková třída C 25 umožňuje aplikace stejné trubky BLUTOP až do dovoleného provozního tlaku

25 barů. Potrubním sítím nabízí vysokou provozní spolehlivost i svými mechanickými parametry, které nejvíce charakterizuje kruhová tuhost: např. u trubky BLUTOP DN/OD 110 je kruhová tuhost 201 kN/m², u trubky DN/OD 90 dokonce 373 kN/m². Z těchto parametrů vychází i typ základního uložení trubek bez nutnosti pískového podsypu a obsypu, bez hutnicích prací apod. a to i při zatížení dopravou až 60 t.

Pro hrdlový spoj může být použit těsnicí kroužek nebo zámkový těsnicí kroužek. S vývojem zcela nového typu těsnicího spoje BLUTOP se zvětšilo možné úhlové vychýlení na 6° tj. 60 cm na spoj (platí i pro zámkový spoj BLUTOP Vi).

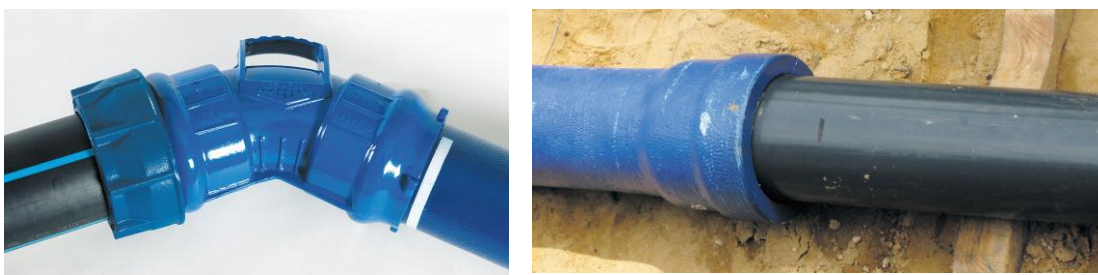
Zkušenosti ze staveb v České republice potvrdily, že pokládka, montáž a realizace celé stavby probíhají rychle. Ruční montáž potrubí pákou je jednoduchá. Denní pokládka potrubí několika stovek metrů je daná délkou připraveného výkopu.

Kombinací základních parametrů:

- vnějšího jmenovitého průměru DN/OD trubky
- tloušťky stěny odpovídající tlakové třídě C 25 (PFA 25 barů)
- tloušťky vnitřního povrchu DUCTAN 300 μm ,

získává potrubní systém BLUTOP největší hydraulický průřez potrubí a tím i kapacitu. V porovnání s plastovým potrubím stejných jmenovitých světlostí DN/OD má systém BLUTOP větší hydraulický průřez potrubí až o 35% podle jednotlivých jmenovitých světlostí DN/OD a příslušných provozních tlaků. Zvětšený hydraulický průřez trubek se podílí na snížení tlakových ztrát a tím na snížení provozních nákladů. V některých případech umožňuje snížení jmenovité světlosti o jednu dimenzi a přináší tím úsporu investičních nákladů.

Obr. 5 Plynulý přechod na umělohmotné materiály, pružné nesuvné a zámkové hrdlové spoje



Praktické zkušenosti, tlg. pokládky

Potrubí z tvárné litiny se snadno montuje a je flexibilně použitelné, schopné se přizpůsobit jakýmkoliv změnám, ke kterým dojde v průběhu času. Trubky z tvárné litiny plní požadavky na všechny typy pokládky: klasickým otevřeným způsobem, bezvýkopové pokládky, vedení na mostech, v kolektorech a také u míst pokládky s extrémně malým nebo velkým krytím, křížení toků, nadzemních vedení, u strmých svahů, v neúnosném podloží, v agresivní prostředí apod.

Spolehlivost hrdlového trubního systému je daná konstrukcí pružných násuvných těsnících a zámkových spojů s elastomerovým těsněním. Umožňují značné úhlové vychýlení a vyrovnání axiálního posuvu při pohybech půdy (např. mrazy, sedání apod.)

Závěr

Česká republika je protkaná příklady mnohých velkých potrubních soustav a množstvím obnovených trubních sítí z tvárné litiny.

V průběhu 20 let bylo instalováno několik tisíc km hlavních, zásobních a rozvodných vodovodních řadů z trub z tvárné litiny.

Pro odbornou veřejnost je EN 545:2010 (ČSN EN 545:2011) jedním z podstatných technických pracovních nástrojů. Poskytuje ucelený pohled na tlakové vodovodní potrubní systémy z tvárné litiny s bezpečným provozem.

Norma se všemi svými atributy potvrzuje, že je vynikajícím nástrojem pro odběratele, uživatele a výrobce trubek, tvarovek a příslušenství z tvárné litiny. Definuje novou sjednocenou tlakovou specifikaci trub a tvarovek z tvárné litiny.

Norma přináší soulad mezi zainteresovanými zájmy států EU a zájmy výrobců litinových produktů. Podporuje konkurenceschopnost a inovace. Její požadavky byly stanoveny s ohledem na ochranu životního prostředí, šetření zdrojů a úspory energií.

Trubky z tvárné litiny nabízí moderní kompletní řešení potrubních vodovodních sítí včetně veškerého příslušenství, armatur, hydrantů ze stejně kvalitního materiálu.

Výrobci v oboru materiálů z tvárné litiny neustále inovují a implementují výsledky vývoje a výzkumu do praktického využití.

I relativně krátká 20 letá praxe v ČR potvrdila technickou kvalitu výrobků a 100 % zvládnutí techniky odlévání, navrhování nových produktů a systémů.

Systémy z tvárné litiny přispívají k zachování životního prostředí 100% recyklací.

Vlastnosti tvárné litiny jsou nepostradatelné při ekonomickém budování vodovodních sítí. Vysoká spolehlivost je daná bezpečnostními faktory, které přesahují požadavky standardního provozu např. i trojnásobným koeficientem bezpečnosti pro dovolený provozní tlak daný normou.

V průběhu 20 let se využívání trubek z tvárné litiny pro budování potrubních vodovodních sítí stalo ve všech velkých a středních městech v České republice standardní praxí, a to v profilech od DN 80 až do DN 1200. Trubky z tvárné litiny se prosazují i při realizaci kanalizačních sítí a stok. Do dnešního dne nebyly zaznamenány případy koroze.

Nejvyšších parametrů vnitřní ochrany je dosaženo cementovou výstelkou z vysokopečnického cementu. Pro agresivní vody (např. minerální či měkké) je k dispozici vnitřní vyložení z polyuretanu.

Pokládka potrubí je náročná investice na velmi dlouhou dobu. Změny veškerých provozních podmínek není možné stanovit. Z ekonomického hlediska je proto vhodné volit systém potrubí, který vykazuje vysokou míru bezpečnosti a zaručuje provozní spolehlivost.

Výběr materiálu doporučujeme provádět podle užitečných parametrů jednotlivých trubních materiálů. Základní obecné technické požadavky provozovatelů / vlastníků tvárná litina plní a potvrzuje svou praktickou bezporuchovostí, čímž šetří provozní finanční prostředky po celou dobu životnosti přes 100 let. Zanedbatelný nárůst investičních prostředků při realizaci je vlastníkově několikrát vrácen úsporou provozních nákladů a nákladů na obnovu.



I nový systém trubek a tvarovek BLUTOP vychází z praxí potvrzených vlastností systémů z tvárné litiny a z inovačních prvků vyvinutých pro tento typ trubek a tvarovek. Nový progresivní produkt rozšiřuje dostupnost potrubních systémů z tvárné litiny jako kvalitativně vyšší alternativu za plastová potrubí.