

Mi történik a zománcban?

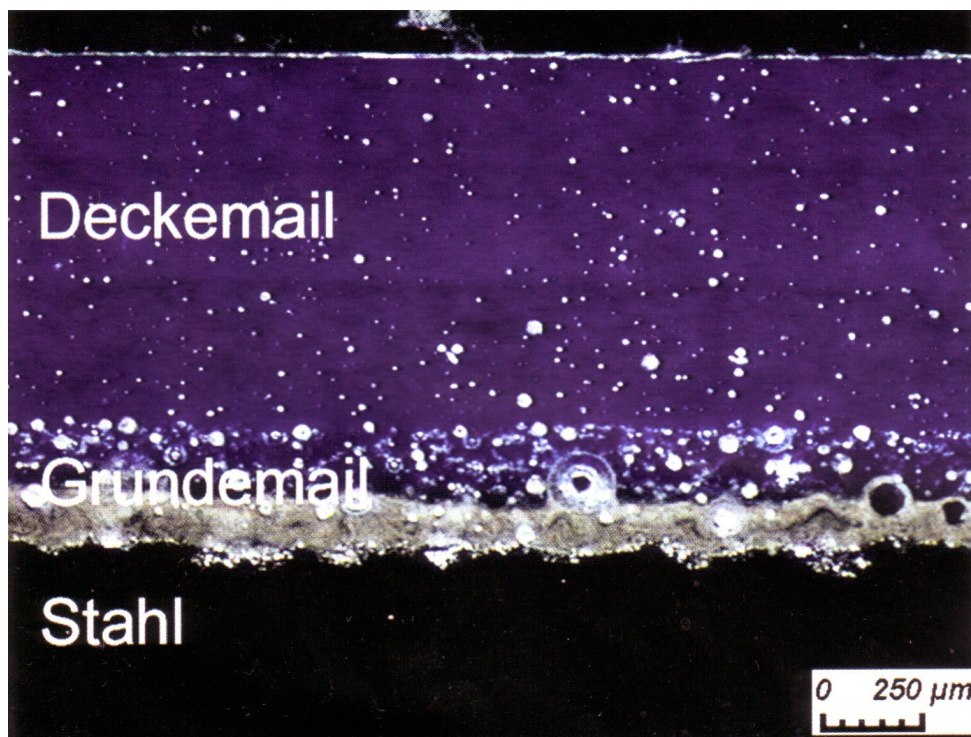
Dr. Ing Jürgen Reinemuth, THALETEC GmbH
(EMAIL-Mitteilungen, 2010.04)

(Fordította: Dr Való Magdolna)

A műszaki zománcot választják akkor, ha nagyon korrozív, hidroabrazív vagy nagyon tiszta folyamatok mennek a gyógyszer- és a vegyiparban. De mi történik a zománcban? Ez az előadás megmagyarázza.

1. A zománc strukturális felépítése.

A zománc egy kombinált anyag, amely egy hordozóból áll, többnyire finomszemcséjű szerkezeti acél, vagy rozsdamentes acél, és a tényleges zománcrétegből. A zománcréteg egy üvegszerű bevonat a hordozó anyagon, amely 1-2 mm vastag, nagy korrózióállóságú, különösen savas igénybevételnél. (1. ábra)



1. ábra
Műszaki zománc strukturális felépítése.

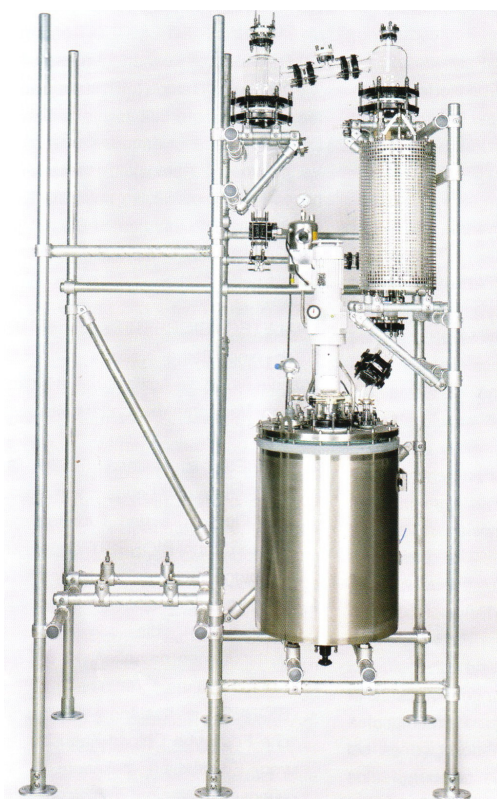
A nagy értékű zománc ellenáll 160°C-on a forró sósavnak 20%-os koncentrációnál, míg más anyag ilyen igénybevétel után eltűnik, azaz teljesen feloldódik. De a korrózióállóság csak egy tulajdonsága a műszaki zománcnak.

2. A THALATEC műszaki zománc tulajdonságai.

A zománc üvegszerű felülete miatt könnyen tisztítható, és a tisztítás eredménye vizuálisan könnyen megvizsgálható, ez nem alábecsülendő előny a nagytisztaságú gyógyszeripari anyagok előállításánál. A zománc messzemenően mentes a nehézfém ionoktól úgy, hogy semmiféle szennyeződés nem kerülhet a termékbe, mint pl. vas, nikkel vagy króm. A zománcozott készülékeket nagy nyomáson, magas hőmérsékleten lehet használni, egyedül maga a készülék kialakítása korlátozza mechanikai tulajdonságait. A korrózióálló műanyag bevonattal szemben a THALATEC műszaki zománc teljesen diffúzióbiztos gázokkal és folyadékokkal szemben, és jobb hővezető képességgel rendelkezik, mint bármelyik szerves műanyag, amit bevonatként alkalmaznak. Mindazonáltal problémamentesen lehetséges a zománcozott alkatrészeket más korrózióálló anyaggal kombinálni, példa erre a speciális részekre és sík tömítésekre a PTFE, valamint hőcserélő csövekre a szilíciumkarbid. Végül a zománcozott készülékek, összehasonlítva a magas ötvöztetésű, különleges acélokból vagy más fémből készületekkel, értékesebbek, és igen hosszú élettartamuk van mindaddig, amíg helyesen használják. Az alkalmazás idejét újrazománcozással (azaz a THALATEC-nél felújított zománcozással) sokszorosán meg lehet hosszabbítani.

3. Zománcozott készülékek alkalmazása

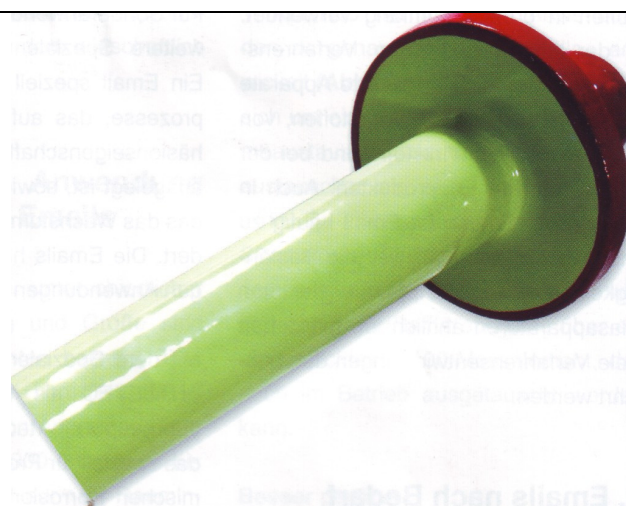
A műszaki zománcot tulajdonságai alapján kiterjedten alkalmazzák a vegyiparban eljárás-technikai készülékeken, pl. festékek és lakkok gyártásánál, a félvezető iparban gyanta készítéséhez, polimerizációs folyamatoknál, ércek feltárásához, nemesfémek kinyerésénél és vízlágyító anyagok előállításánál. A gyógyszeripari eljárásoknál megtalálhatók a zománcozott készülékek a hatóanyagok előállításánál, a hatóanyagok alapanyagaitól kezdve a végtermékig. Laboratóriumi felhasználásra is gyakran alkalmazzák (**2. ábra**), mivel a zománcozott készülékek ellenállása hasonló az üvegéhez, amelyekkel számos rendszerfejlesztést végezhetnek el.



2. ábra
Zománcozott készülék
összekapcsolva egy üvegberendezéssel
gyógyszeripari hatóanyag kifejlesztésére



3. ábra
Sárgászöld BIORESIT-tel zománcozott próbatest



4. ábra
Hőmérsékletérzékelő
beépített PT 100-zal, BIORESIT-tel
zománcozva
(hossza 1.000 mm, átmérője 40 mm)

4. Zománcok az igényeknek megfelelően.

A vegyipar és a gyógyszeripar különböző igényei különleges zománcok kifejlesztéséhez vezetnek, amelyek a felhasználók mindenkori igényeinek optimálisan megfelelnek. Az erősen korróziós kémiai folyamatoknál legjobban a sötétkék RAS zománc-típus felelt meg. Nagy korrózióállósága van savas közegben, párosulva lúgos igénybevétellel szembeni jó ellenállással és a sötétkék szín előnyös „Allrounder”-t ad a

zománcnak. Gyógyszeripari felhasználásnál a vevők előnyben részesítik a fehér zománcot, amely a folyamatok jobb megfigyelését teszik lehetővé, és amelynek felülete a tisztítás után könnyebben ellenőrizhető, mert az anyagmaradék jobban felismerhető. Gyógyszeripari felhasználásra a TPE zománcfajta áll rendelkezésre.

Egy világoskékre színezett, nagy korrózióállóságú zománc egyesíti a sötétkék és a fehér zománc tulajdonságait: a jó láthatóság, a felület egyszerű ellenőrizhetősége és a legnagyobb korrózióállóság által, összekötve a felület jó tisztíthatóságával, mindez a TPE zománcot a gyógyszeripari felhasználás standardjává teszi.

Különleges felhasználás számára további speciális zománcok állnak rendelkezésre: egy zománc speciálisan a polimerizációs folyamatokhoz, ennek javított antiadhéziós tulajdonsága van, valamint egy zománc, amelyik megakadályozza a baktériumok szaporodását. Ezek a zománcok számtalan alkalmazásra beváltak.

Az ABRISIST különleges zománccal a THALATEC, mint az első vállalat, tulajdonképpen egy műszaki zománcot kínál, nagy kémiai korróziójú különleges folyamatokhoz, és egyidejűleg hidroabrazív kopáshoz. A standard zománcok javított kémiai ellenállásával szemben az új ABRISIST 30-100% -kal kevesebb kopást mutat szilárd anyagot tartalmazó folyadék terhelésénél, mint ami pl. ércék feltárásánál vagy polialumíniumklorid előállításánál fellép.

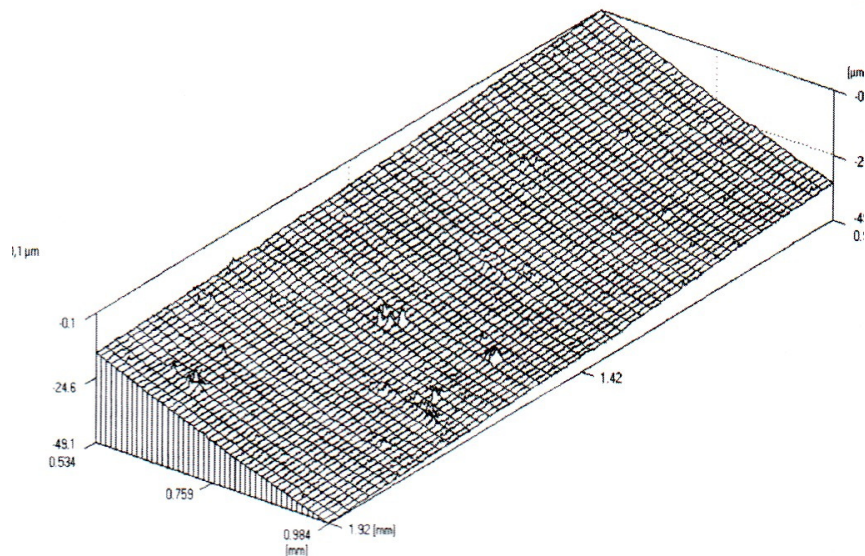
Élettani eljárástechnikában való különleges felhasználáshoz, fermentációs folyamatokhoz és mindenhova, ahova ellenállás, jó tisztíthatóság és biokompatibilitás szükséges, a THALATEC ehhez egy új zománcot fejlesztett ki: THALATEC BIORESIT néven. **(3. ábra)**

Míg a rozsdamentes acél felülete a nagy króm és nikkel tartalom miatt gyakran negatív hatással lehet az élettani folyamatokra, a THALATEC BIORESIT kémiaileg inert, és mentes az ilyen adalék anyagoktól. Kloridok támadásával szemben is ellenálló a BIORESIT. A BIORESIT-tel zománcozott szerkezeti elemek, a műanyagokkal ellentétben, lényegesen nagyobb mechanikai szilárdságot és termikus ellenállást mutatnak, ezért az ilyen elemek kockázat nélkül beépíthetők a mechanikailag és termikusan igénybevett helyekre. A **4. ábra** példaként egy hőérzékelőt mutat, amelyik BIOREST-tel van zománcozva. Nem árt neki a sterilizációnál fellépő hőmérséklet, sem a túlnyomás. A zománcozott acél, összehasonlítva a műanyaggal, jobb hővezető, így ezzel a hőmérsékletmérés lényegesen gyorsabb és pontosabb.

A BIORESIT egy sor további jellegzetességet mutat, ami a biokorrózió eljárásokhoz való alkalmazásra predesztinálja:

- a BIORESIT ellenáll majdnem minden savnak és lúgnak, eltekintve a folyosavat és a fluoridtartalmú közeget. Különösen sósavtartalmú közegben vagy folyadékban, amely kéntartalmú vegyületet tartalmaz, a BIORESIT tartóssága majdnem korlátlan.
- A BIORESIT mindenféle kloridok hatásának ellenáll, kizárt a nemesacélnak a kloridok támadásának következtében fellépő, ismert korróziós repedése vagy lyukkorróziója.
- A BIORESIT inert és mentes azoktól az anyagoktól, amelyek negatív hatással vannak az élettani folyamatokra, nem tartalmaz pl. krómot és nikkelt, amelyek a szokásos „rozsdamentes” acélban nagy százalékban találhatóak.
- A BIORESIT-tel zománcozott felület minősége olyan, amit csak elektropolírozással lehetne elérni (5. ábra). Ez a felület különösen jól tisztítható és sterilizálható. Hosszú használat után sem változik ez a felület, az üvegyszerű felület pozitív tulajdonságai a készülék és az alkatrészek teljes használati ideje alatt megmaradnak.
- A BIORESIT minden más felületbevonattal szemben csak nagyon csekély adhéziós hajlamot mutat biofilmmel szemben. Éppen ez a jellegzetessége támasztja alá a felület jó tisztíthatóságát, összehasonlítva a szokásos anyagokkal.
- Összehasonlítva a műanyagokkal, a zománcozott acélnak jó hővezető képessége van, aminek különösen a termikus folyamatoknál van pozitív hatása: például a sejt kultúrák szaporodásánál felszabaduló hő biztosan és hatékonyan távozik a tartály felületéről, anélkül, hogy lokális „hőfészkek” keletkeznének. Endoterm élettani folyamatoknál is a zománcozott felület a hő jó bevezetését teszi lehetővé. Végül a jó hővezető képesség az állandó hőmérséklet érzékelőnek is javára válik, mivel ez által jó felismerhetőséget mutat.
- A BIORESIT-nek világoszöld színe van, ami az élettani folyamatok követelményének megfelel. A világos tónus miatt gyorsan lehet identifikálni a lerakódásokat. A tisztítás eredménye is gyorsan kimutatható. A zománcozott felület nem akadályozza a fotoszintézisen alapuló folyamatokat.

- A BIORESIT különösen jól ellenáll az ütésnek, dörzsölésnek és a karcolásnak, ezáltal különösen hosszú az élettartama.
- A BIORESIT továbbfejlesztés alatt van. Módosul a zománc összetétele, hogy garantálni lehessen a különösen jó biokompatibilitást, valamint magát a zománcozási folyamatot, hogy a kívánt felületi tulajdonságok biztosabbak, reprodukálhatók és különösen gazdaságosabbak legyenek.



5. ábra
BIORESIT-tel zománcozott felületi profil (a mélyedések $<1\mu\text{m}$)

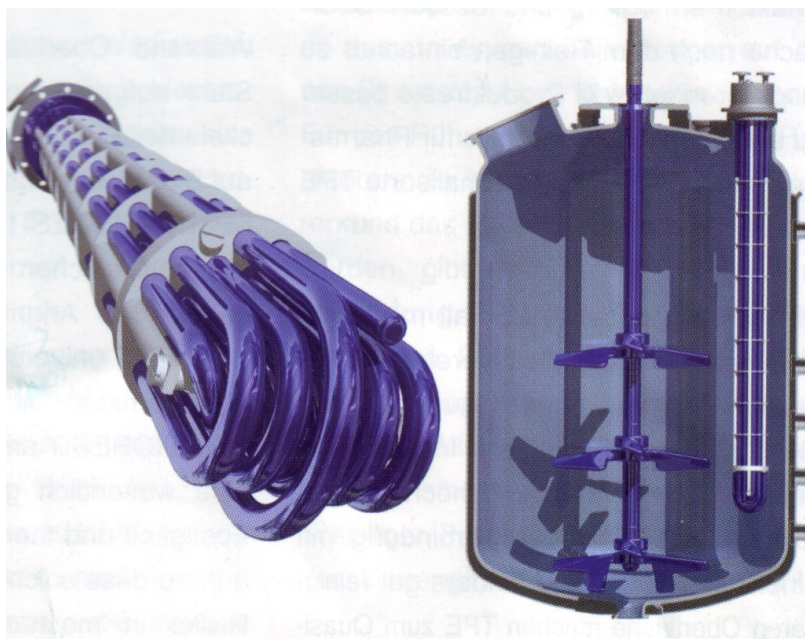
5. A műszaki zománc innovatív alkalmazása

A különböző funkciójú, kialakítású és nagyságú zománcozott készülékek már évtizedek óta ismertek. A THALATEC termelési programja a készülékek minden fajtáját tartalmazza, a 40.000 l űrtartalmú keverős tartályoktól a csak 10 l térfogatú laboratóriumi reaktorig, a 100.000 l-es tárolótartályoktól a 60 m magas és 1.800 mm átmérőjű különösen bonyolult kolonnáig. Kiváltképpen a különleges megoldások gyártása, tehát olyan készülékek, amelyek a DIN szabványban nem találhatók, a szakterülete a THALATEC-nek. Emellett mindenfajta módosítások: más főméretek, számos komplex csomópontok a fedélen, oldalcsonkok megszakított köpennyel, több menetű és több zónájú félcső kigyóval, jól tisztítható és holtter nélküli blokk karimával, vagy kónikusra alakított tartálycsonkokkal, oldalsó keverőművel és izolált készülékek csak néhány példa.

A több többet segít

A fém szerkezetianyagokkal összehasonlítva a zománcozott acél rosszabb hővezető, de például a műanyagokkal szemben nagyságrenddel jobb. A folyamat gyors lefutása céljából, arra törekedtek, hogy a hőt gyorsan vezessék oda, vagy gyorsan vezessék el, ami a zománcozás által és a cserefelület relatív csökkenése által, növekvő készüléktérfogat esetén korlátozott. Hogy nagyobb hőcserélő felület álljon rendelkezésre, olyan hőcserélővel lehet dolgozni, amely a tartály csonkjába van beépítve.

A THALATEC erre az alkalmazásra kifejlesztette az úgynevezett „PowerBaffle”-t (6. ábra) Ennél egy zománcozott U-cső hőcserélőről van szó, amely mint hőcserélő és mint áramlástörő is működik. Mivel a zománcozott készülékekben az áramlászavaró rendszerint egy hőmérsékletérzékelővel van felszerelve, a „PowerBaffle” szintén rendelkezik egy behelyezett Pt100-as mérőelemmel, ami üzem alatt is kicserélhető.

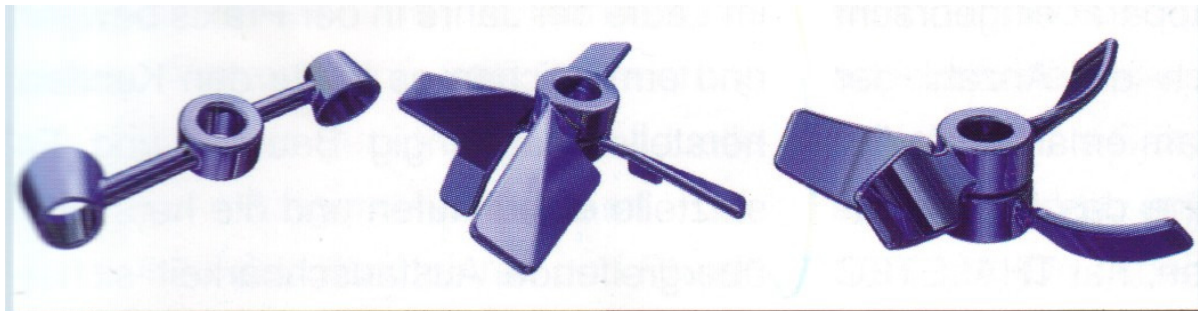


6. ábra
A PowerBaffle zománcozott U- cső hőcserélő

Jobb keverés

A keverős tartályban a hőcserélő felület maximálása mellett, maga a behelyezett keverőtechnika mérvadó a kémiai eljárás sikerére. Számításba véve ezt a szempontot a THALATEC az egész keverőtechnikai programot szisztematikusan átdolgozta, és optimalizálta a vevők különleges követelményeinek kielégítését. A fejlesztési munka keretében eddig különleges keverőművek keletkeztek, amelyek zománcozott formában eddig még nem valósulhattak meg.

Az Inotec GmbH-val kooperációban zománcteknikailag átalakítottuk az „InoJet-keverőt”-t.



7. ábra

Új zománcozott keverők választéka

balra: IJT turbina különösen kíméletes homogenizáláshoz
középen: TAR turbina maradék mennyiség szuszpendáláshoz és keveréséhez
jobbra: univerzális DCT turbina homogenizáláshoz, szuszpendáláshoz és elgázosításhoz

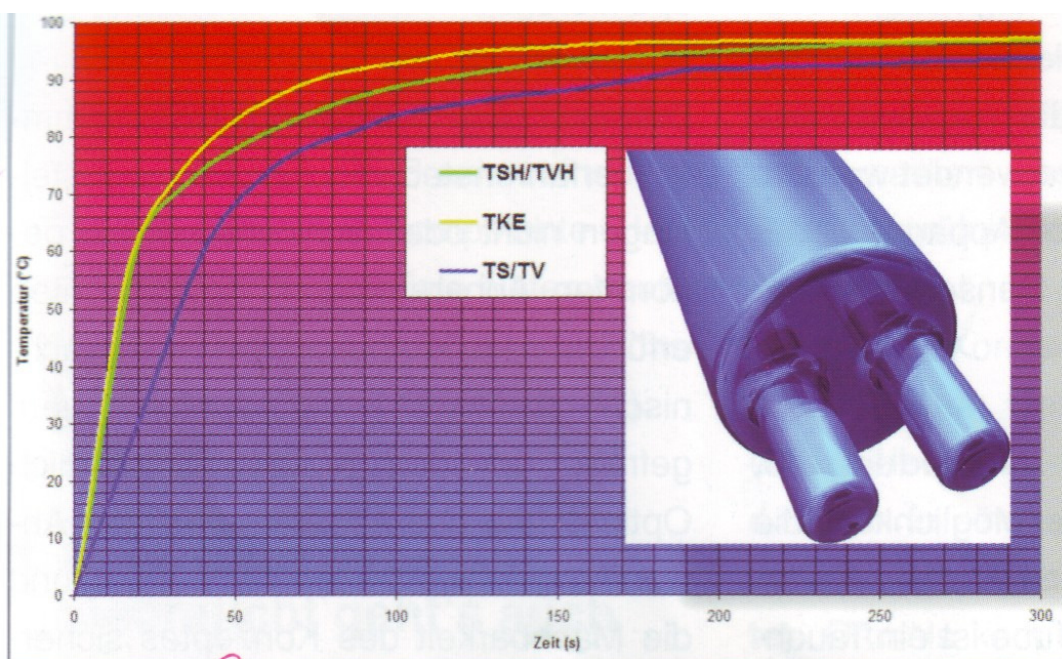
A serlegalakú keverőelemmel kialakított keverőmű komplex áramlási képet eredményez a reaktorban, úgy, hogy néhány esetben az áramlástörőről is le lehet mondani. A maradékmennyiség keveréséhez van a reaktorban a TAR turbina, amit speciálisan szuszpendálásra és homogenizálásra alkalmaznak. (**7.ábra középen**). A primer, axiálisan forgó keverőelem kiegészítő keverőszárny elemet tartalmaz, amely közel a tartály feneké felett mozog. A felzavart maradék mennyiség által a beállított százalék tartományra vonatkoztatva a készülék névleges töltete realizálódik.

Egy univerzális keverőelem az új DCT turbina (**7.ábra jobbra**). Négy hajlított keverőszárny van két perselyre szerelve, mind konkáv, mind konvex elrendezésben. Az elrendezésnek megfelelően optimalizálja a DCT turbina a tartály falán és a tartály felén a hőátadást, gondoskodik a szilárd anyagok állandó szuszpendálásáról, és csökkenti a tartály kifolyójának agglomerizált szilárd anyag általi dugulásának veszélyét. Elgázosításnál is bevált a DCT turbina.

Jobb hőmérsékletmérési technika

A legtöbb eljárástechnikai folyamatnál a hőmérséklet a legfontosabb mérési adat. Hogy a folyamatot a lehető legpontosabban lehessen szabályozni, pontos és nagy időkéssedelem nélküli hőmérsékletérzékelő szükséges. A korrozív igénybevételű zománcozott készülékben az érzékelőket is hatásosan védeni kell a korrózió ellen. Ezen kívül az érzékelőknek egyszerűen kalibrálhatóknak kell lenniük, lehetőleg a készüléken kívül. Hogy ezeknek a követelményeknek eleget lehessen tenni, a

THALATEC újszerű és különösen gyorsan reagáló hőmérséklet szondát fejlesztett ki, a TSH-E típus sorozaton belül. Nagy korrózió állóságú, magas ötvöztetésű nemesacélból készült érzékelő csúcsra viszonylag vékony zománcréteget vitt fel, igen pontos rétegvastagságban. Ezen a csúcson található egy Pt100-as szenzorelem, amely termikusan optimálisan a mérőcsúcsra van kapcsolva. A hagyományos hőmérséklet-érzékelőkkel összehasonlítva a TSH-E típusornak ez az új szenzor egy lényegesen gyorsabb hőmérsékletmérést tesz lehetővé. (8. ábra)



8. ábra
Különböző hőmérsékletmérő szondák időigényének összehasonlítása

Több flexibilitás

A zománcozott készülékekhez csatlakoztatható csonkok száma korlátozott, sajnos nem lehet minden további nélkül egy meglévő készülékhez csonkokat tenni. De mégis, hogy a zománcozott készülékekhez a csatlakozó csonkok számát növelni lehessen anélkül, hogy a folyamat eredményét befolyásolná, a THALATEC néhány új megoldást javasol.



9. ábra

Rendszerek a pótlólagos tartálycsonk „utószerezéséhez”

balra: PremiumBattle, középen: PremiumTube, jobbra: PolíPort

A **PremiumBattle (9.ábra balra)** egy sík áramlástörő, amely egy pótlólagos csonkkal van az áramlástörő karimájához szerelve. Ezt a csonkot lehet használni a folyadéknek közvetlenül a turbulencia zónába való bevezetésére. Alkalmas még ez a csonk a készülék belélegeztetésére vagy a szenzorok csatlakoztatására.

A **PremiumTube (9.ábra középen)** egy további lehetőség a rendelkezésre álló csonkok számának növelésére. A PremiumTube egy merülő cső áramlászavaró funkcióval, és pótlólagos csonkkal felszerelve. Beépített hőmérsékletmérő szondával ez az elem több funkciót egyesít: áramlástörő, merülő cső, mérőszonda hordozó és bevezető csonk.

A **PolyPort (9.ábra jobbra)** még tovább növeli a folyamat flexibilitását. A folyamatra specifikus csonkkal ellátott, zománcozott gyűjtő és egy a zománcba beolvasztott, tömítésmentes és nyomás biztos nézőüveg növeli a rendelkezésre álló csatlakozások számát, és ebből kifolyólag lehetővé teszi a folyamat előrehaladásának vagy a tartályvilágítás felépítésének megfigyelését.

6. A különleges készülékek speciális problémákat oldanak meg

A „zománcozott készülékek” szakterületet számos DIN és EN norma kiterjedten definiálja és szabványosítja. Számos szabvány, amely a zománcozott készülékekre vonatkozik, az évek során a gyakorlatban igazolta, és lehetővé tette ma a vevőknek szerkezeti elemek és pótalkatrészek beszerzését, és a cserelehetőséget. A gyártó számára a készülékek és azok komponenseinek kiterjedt szabványosítása lehetőséget nyújtott a zománcozott alkatrészek gyártásának és raktározásának optimalizálására.

De mégis azt mutatja a gyakorlat, hogy meghatározott eljárás-technikai feladatoknak nem, vagy nem elég hatásosan lehet a szabványos készülékekkel és komponenseivel eleget tenni. Ezután a készüléképítő műszaki illetékessége, hogy a vevőnek a készülék optimalizációja tekintetében az alkalmazás számára tanácsot adjon, és a koncepció megvalósíthatóságáról biztosítsa. Így történhet meg, hogy ma már igen sok esetben a készülék megfelel a vevő követelményeinek. Tipikus alkalmazkodás a DIN adatoktól való eltérő tartálytérfogat, más átmérő-hosszúság arány, extrém módosított csonkkiképzés, többszörösen osztott fűtőköpeny stb. A **10. ábra** bemutat néhány példát különleges reakciós tartályokról, amelyeket mind a vevők igényének megfelelően terveztek és építettek.



10. ábra

Különleges igények szerint tervezett és kivitelezett tartályok

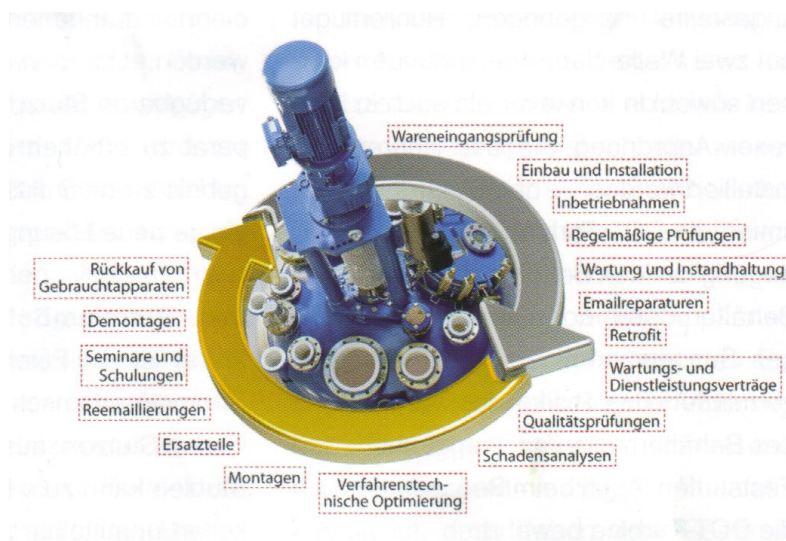
balra: kettős tank, két egymásra helyezett 30.000 l-es nagy készülék

középen: újrazománcozott keverős tartály, amelyet az átalakítás során pótlólagos csonkokkal láttak el

jobbra: álló, különleges tartály, kísérő fűtéssel

7. Aktuális követelmények a zománcozástól

Ennek megfelelően a zománcozott készülékek gyártóival szemben ma sokkal kiterjedtebbek a követelmények, mint a múltban. A múltban definiálták a zománckészülékek gyártóinak lényeges kompetenciáját, mint a készülékek DIN szabvány szerinti zománcozását, ma a készülék építése és zománcozása mellett alkalmasnak kell lennie a készülék technikai, eljárás-technikai megfogalmazásának és optimalizálásának a vevő egyéni feladatai számára. Így például a fejlesztésnél a különböző keveréstechnikai koncepcióknak és vizsgálatnak sok esetben széles teret kell elfoglalnia. Időközben a keveréstechnikai kérdések nagy részét modellkísérlettel vagy szimulációval kell eldönteni. Ezzel a vevőnek sokkal nagyobb biztonsága van, hogy az ő eljárása a gyakorlatban kielégítően funkcionál. A zománcozott készülékek kompetens gyártói ma lényegesen többet nyújtanak, mint „csak” a zománcozást. (**11. ábra**)

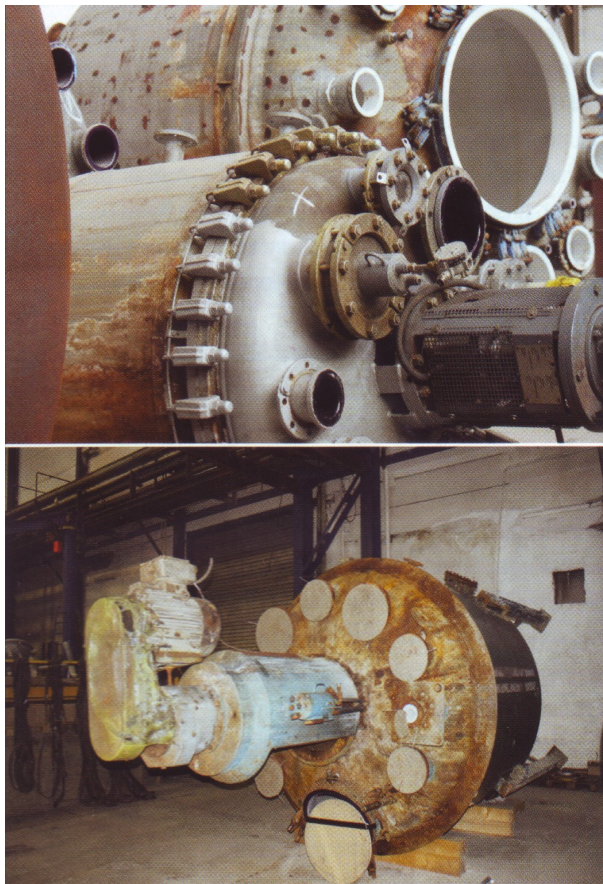


11. ábra
A zománcozott készülékek és alkatrészei gyártójának mai, kiterjedt szerviz kompetenciája

8. Újrazománcozás – használnál is meg

Az újrazománcozás ma túlnyomóan úgy értelmezhető, mint a zománcozott készülékek és/vagy annak komponenseinek széleskörű feldolgozása és felújítása azzal a céllal, hogy azok élettartamát lényegesen meghosszabbítsák. (**12. ábra**)

Ez nemcsak a készülék vagy az alkatrész zománcrétegének megújítását jelenti, hanem az egyes elemek, - mint szelep, meghajtó vagy csúszógyűrű tömítés - átdolgozását és rendbehozatalát. A tulajdonképpeni újrazománcozás lényegében a következő munkafolyamatból áll: először a meglévő, gyakran korrodált vagy megsérült zománcrétegnek homokszórással való tökéletes eltávolítása. Ezután a szerkezeti acél (tartály, hegesztési varratok, csomópontok stb.) átvizsgálása, korrózió, károsodás, deformáció és egyéb eltérések körültekintő átvizsgálása, helyreállítása és megjavítása következik. A fűtőköpenyre történt lerakódásokat éppen úgy eltávolítják, mint a külső korróziós nyomokat. Végül újra zománcozzák és minden szükséges minőségvizsgálatot elvégeznek. Az eredmény egy zománcozott termék, amely korrózióállóság és minden egyéb használati tulajdonság tekintetében sem áll az új termék mögött, azaz állapota megfelel az új termékének. (lásd a **10. ábra közepét**). Gyakran alkalmaznak az újrazománcozáshoz különleges tulajdonságú új zománcot, ami az újrazománcozott készüléket még alkalmasabbá teszi a jövőbeni feladathoz. Végül az újrazománcozott készüléket további, modern komponensekkel ruházzák fel, a teljes rendszer teljesítőképességének javítására.



12. ábra
A használt készülékek tipikus állapota
újrazománcozás előtt

Az újrazománcozás számos előnyt nyújt a felhasználónak: mindenekelőtt jelentős költségmegtakarítást új készülék beszerzésével szemben. Az újrazománcozás többször megismételhető. Új készülékkel szemben általában rövidebb a szállítási határidő, így a készülék gyorsabban áll újra rendelkezésre. Bár maga az acél test lényegében újra használható, mégis egy készülék újrazománcozása keretében lehetségessé válik többféle módosítás, mint a csonkkialakítás kiegészítése, a fűtési rendszer módosítása, vagy a szállítási konstrukció alkalmasabbá tétele. Éppen olyan fontos az újrazománcozás mellett a készülék alapvető modernizálása meghajtóval, csúszógyűrű tömítéssel, keverési és mérési technikával.

Innováció és szerviz egy kézről

Nagyon fontos megoldás, amely az új, vagy a meglévő zománcozott készülékeket eredményesebbé és hatásosabbá teheti, vagy növelheti a flexibilitását. Éppen ilyen fontos az is, hogy a készülék rendelkezésre álljon, gyorsan üzembe lehessen helyezni. A THALATEC kiterjedt szerviz teljesítményt nyújt a zománcozott készülékek köré. Ez magába foglalja a megfelelő pótalkatrészek szállítását, az üzembe helyezést, a javításokat és a karbantartási feladatokat, egészen az üzemen kívül helyezésig, és a leszerelésig. Mindehhez kiváló szerviz csapat áll rendelkezésére megfelelő bizonyítvánnyal.