

Termoplasztikus műanyagok új szerepe az integrált műszaki műanyagok területén

A hőre lágyuló mátrixú kompozitok előnyei az alacsonyabb feldolgozási idő, a könnyű alakadás és hegeszthetőség, alacsonyabb költség és az egyszerűbb újrahasznosíthatóság. Egyre több fejlesztés célozza meg a termoplasztikus műanyagok kombinálását duroplasztokkal, erősítő szálakkal, illetve újrahasznosított hőre keményedő kompozitokkal, annak érdekében, hogy új, integrált tulajdonságú, műszaki műanyag termék jöjjön létre költség- és időhatékony gyártási eljárással. Az alábbiakban ilyen fejlesztésekről adunk hírt.

Tárgyszavak: szénszál reciklálás, hőre keményedő - hőre lágyuló hibrid, szálerősített hab

A Toray új gyártási technológiákat fejleszt a szénszál-erősítésű járműipari alkatrészek gyorsabb gyártásához

A **Toray Industries** vállalat bejelentette, hogy kifejlesztett egy gyors integrált gyártási technológiát szénszál-erősítésű műanyag (CFRP) alkatrészek gyártásához a járműipar számára. Ez egy szendvics szerkezetű anyag, amelyben a maganyag egy könnyű, porózus hab szénszál erősítéssel (CFRF), a héjak pedig kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező hőre keményedő karbon prepreg laminátumok.

A Toray ennek az új integrált terméknek a fejlesztését az Új Energia és Ipari Technológia Fejlesztési Szervezet Innovatív Szerkezeti Anyagok Kutatása és Fejlesztése projektje keretében végezte. Ez az új technológia nagyon gyors, lehetővé teszi olyan CFRP mobilitási alkatrészek, mint például egy autótető, tízszer gyorsabb előállítását, mint az eddigi hagyományos autoklávós technológia. Ráadásul a termék súlya fele annyi, mint egy hasonló darab acélból. A Toray továbbra is folytatja a kutatás-fejlesztést, hogy felgyorsítsa e technológia alkalmazását a villamosított járműalkatrészek gyártása terén is, ahol a termékek súlya és a hatékony, gyors gyártás kulcsfontosságú.

Nagyméretű panelek gyártása egyetlen prés-injektálás eljárással

A Toray új, gyors integrált fröccsöntési technológiája lehetővé teszi nagyméretű panelek egyetlen prés-injektálással történő gyártását. Az eljárás lényege, hogy a gyártási folyamat során egyidejűleg zajlik a formaadás, a szénszál erősítésű hab expanziója és a hőre keményedő prepreg héj térhálósodása ugyanabban a szerszámban.

Azzal, hogy sikerült szinkronizálni a CFRF hab habosodási idejét, a prepreg térhálósodásához szükséges időtartammal, a gyártási eljárás lényegesen gyorsabbá vált, mint a hagyományos eljárások. A hőre keményedő prepreg gyanta behatol a maganyag, a CFRF hab pórusaiba, így ragasztóanyag használata nélkül összekapcsolja a héj laminátumokat a maganyaggal, és így rendkívül megbízható kötészervezetet hoz létre. A Toray technológiája megnyitja az utat a nagyméretű CFRP-alkatrészek gyors gyártásához.

A CFRF hab lényegesen jobb szilárdságot, rugalmassági modulust és ütésállóságot kínál, mint a hagyományos maganyagok. E mellett az alacsony, 0,2–0,4-es fajsúlya tovább könnyíti a kompozit szendvicsszerkezeteket. A Toray az új koncepcióját, egy nagyméretű (1,2 m hosszú, 1,2 m széles és 2,3 mm vastag) autótető panelen tesztelte. A présgép segítségével mindössze öt perc alatt előállított elem az ütközési tesztek során jó eredményeket mutatott – a héj nem vált el a maganyagtól és az energia elnyelése is kiváló volt.

A Toray vállalat innovációja összhangban van vállalati filozófiájával: „Hozzájárulás a társadalomhoz új értékek teremtésével, innovatív ötletekkel, technológiákkal és termékekkel”.

Az **A + Composites** egy fiatal technológiai vállalat Weselbergben, egy Délnyugat-Rajna-pfalzi városban. A mérnökök és fejlesztők innovatív csapata elkötelezett a folyamatos termékfejlesztés iránt. Egyedi tulajdonságokkal rendelkező szálerősített polimerek gyártására specializálódtak, amelyek könnyűek és rugalmasak, mégis erősebbek, mint az acél. Ez a kombináció számos termék esetében rendkívül érdekes. A szállítóládákat például meg lehet erősíteni, így azok saját súlyuk többszörösét képesek elviselni. Ezek a polimerek alkalmasak ortézisek és protézisek készítésére is, jelentősen növelve a betegek kényelmét. Az új anyagok az autóipar számára is nagy érdeklődésre tarthatnak számot, mivel nagy nyomásnak és hőmérsékletnek kitett alkatrészeket erősíthetnek meg.

Új fejlesztésük az egyirányú szálakkal erősített, hőre lágyuló mátrixú kompozit szalagok

Az UD kompozit szalagok olyan integrált anyagok, amelyekben az erősítő szálakat egyirányúan impregnálják polimer mátrixszal. Ezek a hőre lágyuló műanyagok alkalmasak fröccsöntéssel, extrudálással vagy melegalakítással történő feldolgozáshoz. A szalagok geometriája további szabadságfokokat biztosít a tervezőnek az alkatrész tervezésekor. A szálerősítésű kompozit szalagok az alkatrész egyik és mindkét oldalán szendvicsdarabként is alkalmazhatók. Tovább feldolgozhatók 2D és 3D rácsokká vagy szerves lapokká, bármely irányban tervezhető merevséggel. Csövek és tartályok tekerceselésére is használhatóak. Optimális esetben az UD szalagok pontosan adnak szilárdságot az alkatrésznek, ahol arra szükség van. Azokat a helyeket, ahol nincs szükség szilárdságra vagy merevségre, változatlanul lehet hagyni. Az erősítések így helyi és teherbíró jellegűek, ami hatékonyabbá és erőforrás-takarékosabbá teszik a végtermékeket. Ennek eredményeképpen az alkatrészek nagyobb terhelést tudnak elviselni vékonyabb falakkal és bordák nélkül is.



Az anyagválasztás fontos szerepet játszik abban, hogy az UD kompozit szalagok mennyire hatékonyan alkalmazhatók. Ez nagyjában függ az alkatrész anyagától és az ügyfél igényeitől. A szalag geometriájának megválasztása függ az alkatrészben való alkalmazástól, az elvárt teljesítménytől és attól, hogy a szalagok közvetlenül az alkatrészbe kerülnek-e, vagy előbb megmunkálják őket. Különösen az olyan alkatrészeknél, amelyekben sok réteg UD-szalagot dolgoznak fel, a szalagok minősége és méretpontossága döntő szerepet játszik. Amint az anyag és a geometria meghatározásra került, további tulajdonságok adhatók hozzá: adalékanyagok, hogy bizonyos tulajdonságokat érjenek el az alkatrészben, hogy megvédjék az alkatrészt a környezeti hatásoktól, hogy a szalagokat az alkatrészhez illő színűre színezzék, vagy hogy bevonják őket, hogy a szalagok könnyen ragaszthatók legyenek.

Annak érdekében, hogy meghatározzák a megfelelő UD-szalagot a megfelelő alkalmazáshoz, először mintákat gyártanak az ügyfél igényei szerint. Ez lehetővé teszi az ügyfélnek, hogy első körben felmérje: az UD-szalagok megfelelnek-e az alkalmazásához, és hogy mik a következő lépések az alkatrészbe való beépítéshez. Ezt követi az anyag és a geometria, valamint a gyártási folyamat fokozatos kiigazítása és validálása. Ezekben a lépésekben az A + Composites munkatársai szakértelemmel támogatják ügyfeleiket.

Amint a prototípusok kifejlesztése és a folyamatfejlesztés befejeződött, megkezdődik a sorozatgyártás beindítása. Ebben a fázisban ellenőrzik a gyártási teljesítményt és tesztelik a logisztikai koncepciót. Amint minden előkészület megtörtént, megkezdődik a sorozatgyártás. A szalagokat a kidolgozott paraméterek szerint, az egyeztetett formában és kiszerelésben, ellenőrzött minőségben gyártják le.

Az A + Composites már több mint 30 szál- és mátrixkombinációt fejlesztett ki különböző ügyfél projektekhez. Ezenkívül léteznek olyan hibrid kompozit szalagok, amelyekben különböző típusú szálakat vagy műanyagkeverékeket használnak egy szalagban. Elérhetőek további speciális tulajdonságokkal rendelkező szalagok, mint például hő- és lángálló, speciális bevonatolt szalag ragasztáshoz, vagy időjárás-tűrő. Ha a szálak térfogattartalmának variációit, az adalékanyagok és egyéb kiegészítők hozzáadását, valamint a szalagok színezését is beleszámítjuk, az A + Composites 2015-ös alapítása óta jóval több mint 200 különböző UD-szalagot gyártott.

Az UD szalagok széleskörűen alkalmazhatók. Az ortopédiában a leggyakrabban feldolgozott szalagok a szén-polipropilén (CF-PP szalag) és a szén-polietilén (CF-PE szalag), de kiváló kötési tulajdonságai miatt a szén-polikarbonát (CF-PC) is elterjedt. A szén-poliamid (CF-PA) és a szén-polikarbonát szalagokat fröccsöntéssel gyártott termékek megerősítésére alkalmazzák. Ehhez a technológiához az A + Composites egy partnercéggel új módszereket fejleszt ki, hogy az UD szalagokat egyszerűen, a szerszám cseréje nélkül lehessen bevezetni a folyamatba. A szén-polifenilén-szulfidot (CF-PPS) és a szén-poliamid 12-t (CF-PA12) leggyakrabban csövekhez és tartályokhoz használják. A logisztikai iparban a polipropilén és a polietilén szalagok a legnépszerűbbek az üveg vagy szén változatban (GF-PP/GF-PE). A szálak kiválasztása a kívánt szilárdságtól és a termék minőségétől függ.

Újszerű hőre lágyuló kompozitok szénszál-erősítésű epoxi kompozit hulladékrudakkal erősítve

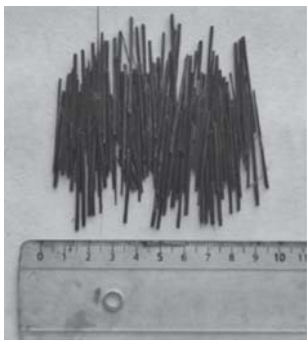
A szénszál-erősítésű polimer (CFRP) kompozit anyagok iránti kereslet könnyű súlyuk és nagy teljesítményük miatt gyorsan nőtt az elmúlt években, amelyet elsősorban a repülőgépipar, az autóipar, a védelmi ipar, a szélturbina-, a tengeri-, a szabadidős- és az építőipar igényelt. A CFK kompozit anyagok iránti kereslet gyors növekedését elsősorban a nagy fajlagos szilárdság és fajlagos merevség, a nagy fáradásállóság és tartósság, a jó korrózióállóság és az alacsony sűrűség motiválja. A szálerősítésű polimer (FRP) kompozit anyagok újrahaznosítási nehézsége azonban az egyik legkritikusabb hátrányuk. A kompozit-hulladék kezelése egyre sürgetőbb probléma.

Egy kutatási projekt során, amelyet az **Anyagtudomány Technika és Vegyészmérnöki Tanszék (IAAB), Carlos III Egyetem**, Madrid, és az **Anyagmérnöki Tanszék (KU), Leuven**, illetve a **Gépészmérnöki Tanszék, Universidad Pontificia Comillas**, Madrid közösen jegyezték, olyan megoldást vizsgáltak, amely kombinálja a termoplasztikus anyagokat újrahaznosított szénszál-erősítésű kompozit hulladékkal. A forró sajtóval előállított termék mátrixa poliamid (PA11 vagy PA12) és mechanikusan újrahaznosított szénszál-erősítésű polimert (CFRP) alkalmaz erősítésként.

A kutatás során kidolgozták az előállítás technológiai lépéseit, vizsgálták az így előállított integrált anyag mechanikai, dinamikai és termomechanikai tulajdonságait.

A környezeti hatások csökkentésének költséghatékony megközelítése a szénszál kompozitok mechanikai újrahaznosítása, amely elkerüli a kémiai újrahaznosításhoz szükséges vegyi anyagok használatával és ártalmatlanításával kapcsolatos problémákat, és csökkenti a termikus újrahaznosításhoz szükséges magas energiafelhasználást. A mechanikai újrahaznosítással elkerülhetők a szennyező gázok kibocsátásával vagy az oldószerek ártalmatlanításával kapcsolatos problémák is. Azonban ez a módszer még kevésbé elterjedt. A kutatás során a mechanikusan újrahaznosított szénszál kompozitot rúdformában, töltőanyagként és/vagy erősítésként alkalmazták egy hőre lágyuló mátrixba, a korábbi hőre keményedő mátrix eltávolítása nélkül, egy új integrált anyagot létrehozva.

Újrahaznosításra a kereskedelemben kapható pultrudált szénszál lemezeket használtak, amelyeket jellemzően a mélyépítésben szerkezeti megerősítésre alkalmaznak. Ezt az egyirányú szénszál-erősítésű epoxi kompozitot, amelynek kereskedelmi neve *Sika Carbodur S 512*, mechanikusan vágják és darálták,



a rudak méretei 40 mm hosszúságú, változó szélességű, 1 és 1,5 mm között voltak. Ezek a méretek reprezentatívak a kompozitok mechanikai újrahasznosítása során keletkező daráléokra vonatkozóan.

A termoplasztikus mátrixok kiválasztása során két Z-típusú poliamidot, a PA11-et és a PA12-t választották ki. Bár a PA6 és PA66 a poliamidpiac közel 90%-át teszi ki, a PA11 és PA12 is jelentős piaci részesedéssel rendelkezik. A PA11 bioalapú poliamid, amelyet ricinusolajból, egy megújuló forrásból nyernek, így a PA12-hez képest kisebb szénlábnyomot eredményez. Amellett, hogy bioalapú, a PA11 iránti kereslet erőteljesen növekszik számos tulajdonsága miatt, beleértve az alacsony nedvességfelvételt és a magas ütés-, fáradás-, vegyszer- és öregedésállóságot. A PA12 kőolajalapú hőre lágyuló poliamid, amely kiemelkedő mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, többek között szakítószilárdsággal, ütés- és fáradásállósággal, aromás szénhidrogénekkal szembeni ellenállással, valamint a PA6 és PA66 sűrűdési együtthatójához közeli alacsony sűrűdési együtthatóval. Ezenkívül mind a PA11, mind a PA12 olvadási hőmérséklete viszonylag alacsony (kb. 40–50 °C-kal alacsonyabb a PA6-hoz és 90–100 °C-kal PA66-hoz képest), ami csökkenti az energiafogyasztást a feldolgozási eljárások során.



A gyártási folyamatot egy hidraulikus prés segítségével végezték. Először a poliamid pelletet előzetes szárítás nélkül, alumíniumlemezek között forró préssel vékony lappá préselték, amely később mátrixként szolgált. Ezután a CFR rudakat egyenlően elosztva az előállított poliamidlemezre helyezték,

majd a végső kompozitlemez előállításához ismét melegsajtolással préselték. A végleges kompozit lemezek 280±1 mm hosszú, 280±1 mm széles és 1,3±0,1 mm vastagok voltak.

A szénszállal erősített epoxi kompozit hulladékrudakat töltőanyagként tartalmazó új hőre lágyuló kompozit előállítására kifejlesztett eljárás sikeres volt, lehetővé tette az új integrált anyag tulajdonságainak vizsgálatát.

A röntgen-mikroszámítógépes tomográfia (μ CT) azt mutatja, hogy a szálak jól eloszlanak, az anyagban homogén szál térfogattömeg-arányt tartanak fenn. Az eredmények változékonysága jellemző a diszkontinuus szálak kompozitokra, amelyekben a szálak, bár orientáltak, nem olyan homogénean oszlanak el, mint egy folytonos szálak kompozitban. A mechanikai és dinamikai tulajdonságok alig különböznek a két kompozitcsoport között. A dinamikus mechanikai elemzés kimutatta, hogy az üvegesedési átmeneti hőmérséklet (T_g) mindkét kompozit esetében enyhén megemelkedik a polimerekhez képest.

A szakítószilárdsági és a húzó-nyomó fárasztási vizsgálatok eredményei jól mutatták az anyag heterogenitását. A szakítószilárdsági vizsgálati eredmények alig mutattak különbséget a különböző PA mátrixú kompozitok között, megfigyelhető volt, hogy a PA11 mátrixú kompozitok kevésbé merev viselkedést mutattak, és nagyobb volt a tönkremenetelig tartó nyúlásuk.

A húzó-nyomó fárasztási vizsgálatot követő digitális mikroszkópos vizsgálat azt mutatta, hogy a törés a szálak orientációját követve keresi a legkönnyebb utat. A fárasztási folyamat során a repedés a poliamid mátrixon keresztül terjedt, és a mátrix repedését okozta. A károsodáselemzést illetően mátrixrepedést, erősítés-mátrix szétválást és az erősítés kihúzóását figyelték meg.

Ezek az eredmények jól szemléltetik, hogy ez az újrahasznosítási és újrafelhasználási mód életképes, megelőzi a szénszálak károsodását az újrahasznosítási ciklusban. Jó alapot nyújtanak további jövőbeni kutatásokhoz, az elhasználandó vagy lejárt élettartamú repüléstechnikai és autóipari kompozitok újrahasznosítása és újrafelhasználása érdekében, mechanikai reciklálás útján, a korábbi mátrixuk eltávolítása nélkül, bioalapú mátrixsal kombinálva, fenntartható integrált új anyagok fejlesztése érdekében.

Összeállította: Fourné Csukat Gabriella (NOVIA)

<https://omnexus.specialchem.com/>

<https://aplus-composites.de/en/ud-tapes>

<https://www.mdpi.com/2073-4360/14/19/3951>