

Zygmunt KRZYWOSZ*

Propozycja podziału produktów geosyntetycznych

Abstract

The proposal of geosynthetics products division. The proposal of geosynthetics products division is presented in the paper. Some types of materials were defined, which is supported by figures and specifications of production technology.

Key words: geosynthetics products, geotextiles, nonwoven fabrics

Wstęp

Większość stosowanych w budownictwie materiałów syntetycznych powstaje na bazie tworzyw termoplastycznych (plastomery) i włóknotwórczych (włókna z polimerów syntetycznych). Podstawowym surowcem do produkcji tych materiałów są związki chemiczne (wielocząstkowe) powstałe z polimerów otrzymywanych na drodze syntezy chemicznej. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych w budownictwie, głównie drogowym, ziemnym i hydrotechnicznym, formą wykorzystania produktów geosyntetycznych są wyroby przemysłu tekstylnego. Materiały tekstylne używane w kontakcie z gruntami i skałami określa się pojęciem "geotekstyli". Terminy: angielski "geotextile" i francuski "géotextile", są po-

wszechnie przyjęte w normach i publikacjach oraz zaakceptowane przez międzynarodowe organizacje inżynierskie. Nazwy polskie: geowłóknina, geotkanina, geoprzędzina, geosiatka, itd., obejmujące powszechnie stosowane w technice budowlanej materiały przemysłu tekstylnego, wskazują na ich związek znaczeniowy z ziemią (skorupą ziemską). Obowiązująca obecnie w kraju norma PN-ISO 10318 (tłumaczenie oficjalnej wersji językowej Normy Międzynarodowej ISO 10318:1990) definiuje (bardzo ogólnie) tylko i wyłącznie terminy dotyczące produktów geotekstylnych i pokrewnych. W praktyce inżynierskiej stosuje się wiele różnych typów produktów geosyntetycznych, najczęściej klasyfikowanych z punktu widzenia spełnianych funkcji [Saathoff 1987; Christopher i Holtz 1985], zadań, zastosowanych surowców [Giroud 1986], przeznaczenia, technologii produkcji [Giroud 1984] itp.

Zaproponowany w tym artykule podział produktów geosyntetycznych (opracowany w ramach projektu badawczego nr 5S308 050 06 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1994–1996) powinien być przedyskuto-

* Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych SGGW, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa.

wany, szczególnie w zakresie terminologii, w gronie fachowców zajmujących się technologiami produkcji i wdrażaniem tych materiałów do praktyki. Ma on ułatwić projektantom i wykonawcom przynajmniej wizualne rozpoznawanie nowych materiałów geosyntetycznych i ich klasyfikowanie.

Rodzaje produktów geosyntetycznych

Podział ogólny

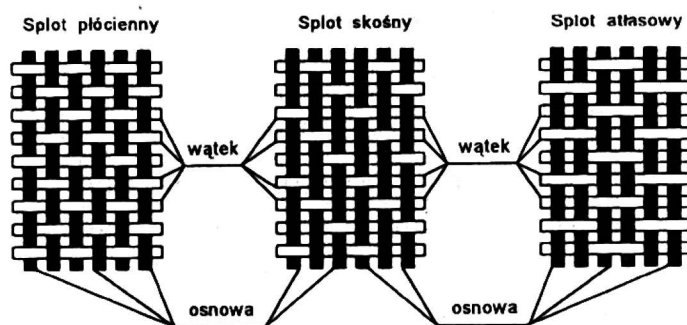
Podjęto próbę uporządkowania podziału produktów geosyntetycznych ze względu na technologię produkcji. Tworzywa geosyntetyczne [Krzywosz 1995] oparte na polimerach syntetycznych podzielono na 3 podstawowe grupy: geotekstylię, geotekstylię – produkty pokrewne i geomembrany. Geotekstylię i geotekstylię – produkty pokrewne, są produktami przepuszczalnymi, a geomembrany – nieprzepuszczalnymi. Najliczniejszą grupę geosyntetyków stosowanych w praktyce inżynierskiej stanowią geotekstylię tkane i nietkane. Przedstawione poniżej informacje o poszczególnych produktach geosyntetycznych nie są zbyt szczegółowe, gdyż wymagałyby bardzo obszernego wykładu z pogranicza chemii, inżynierii materiałowej, technologii produkcji i wytrzymałości materiałów.

Geotekstylię

Geotekstylię tkane

Geotkaniny są typowym przykładem geotekstyliów tkanych, zbudowane z dwóch układów włókien (tasiemkowych, monofilowych lub multifilowych) krzyżujących się pod kątem prostym. Mają

widoczne i wymierne pory powstałe w wyniku tkania. Konstrukcję geotkanin charakteryzuje rodzaj splotu oraz wymiar oczek. Rozróżnia się trzy zasadnicze sploty: płócienny, skośny, atlasowy (rys. 1). Z uwagi na wymóg stałości kształtu i wymiaru porów pod wpływem obciążeń



Rys.1. Schemat zasadniczych rodzajów splotu geotkanin

zewnętrznych najbardziej korzystny jest splot płócienny. Geotkaniny zbrojone uzyskuje się w wyniku impregnacji pojedynczych włókien lub nakładania powłoki na geotkaninę. W przypadku impregnacji poszczególnych włókien uzyskuje się geotkaninę o otwartej strukturze, co jest szczególnie ważne dla zapewnienia wodoprzepuszczalności. Przy stosowaniu drugiej metody (nanoszenie powłoki) otwory oczek geotkaniny zostają całkowicie zamknięte – powstaje tzw. geomembrana zbrojona.

Geotekstylię nietkane

Geodżianiny – wyroby włókiennicze powstałe w procesie dziania z jednej lub wielu nitek (przędzy) uformowanych w łączące się ze sobą oczka w odpowiednim splotcie dziewiarskim. Morfologia dzianin o splotach podstawowych sprowadza się w zasadzie do geometrii pojedynczego oczka, z których składa się dzianina. Charakteryzują się one dużą odkształcalno-

ścią. Produkuje się geodziańny trykotowe w kształcie rur (rękawów) i nadają się one szczególnie do obiektów o podobnym kształcie (np. filary mostowe).

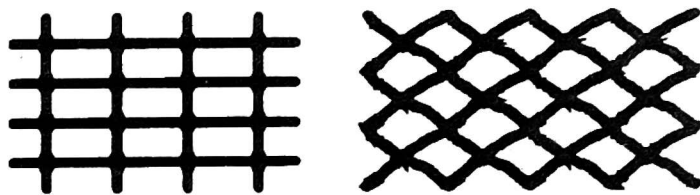
Geoprzedziny są to wyroby, które powstają w wyniku przescięcia przędzą odpowiednio ułożonych nitok lub jej wszywania w tzw. podkładkę, którą może być geotkanina, geowłóknina lub geodzianina.

Geowłókniny są płaskimi, nietkanymi wyrobami tekstylnymi, wytworzonymi metodą klejenia (chemicznie lub termicznie) lub mechanicznego łączenia (igłowania lub przesywania) luźnego układu (w postaci runka) wysokospolimeryzowanych włókien syntetycznych. Charakterystyczną i unikalną cechą tych tworzyw, niespotykaną dotychczas w przyrodzie, jest połączenie w jednym materiale właściwości hydraulicznych mineralnego filtra lub drenażu z dużą wytrzymałością na rozciąganie. Ta właśnie cecha, bardziej niż inne, zdecydowała o szerokim wprowadzeniu geowłóknin do techniki budowlanej.

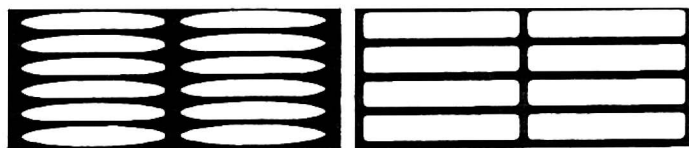
Geotekstyliami – produkty pokrewne

Drugą grupę produktów geosyntetycznych tworzą:

- **geosiatki** – ażurowy układ grubych, równoległych pasm włókien (tłoczone monofile lub multifile- pęczki), przecinających się pod stałym kątem, w którym krzyżujące się pasma są połączone węzełkowo lub bezwęzełkowo (metodą zgrzewania – rys. 2);
- **georuszty** – produkty powstałe w wyniku jedno- lub dwukierunkowego naciągania perforowanych płyt z tworzyw termoplastycznych (rys. 3);



Rys. 2. Produkty pokrewne geotekstyliom – geosiatki

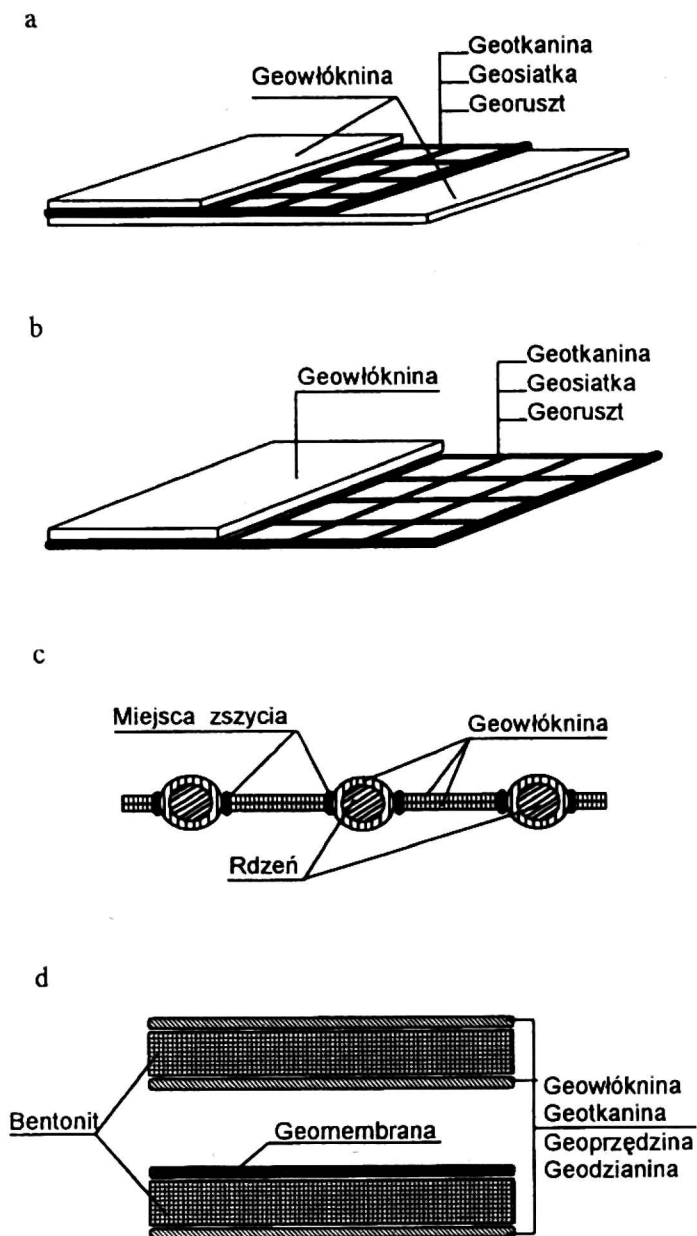


Rys. 3. Produkty pokrewne geotekstyliom – georuszty

- **geokompozyty** – produkty złożone z różnych geotekstyliów i materiałów mineralnych (rys. 4c); rdzeń może stanowić naturalny materiał filtracyjny: żwir, pospółka, piasek lub bezładnie wbudowane warkocze tasiemek, żyłek itp. z tworzywa sztucznego [Jędryka i in. 1993]) lub geomembran. Innym przykładem jest kombinacja geowłókniny i geotkaniny (geosiatki lub georusztu) spełniająca rolę prefabrykowanej struktury drenażowej (rys. 4a,b) i nośnej. Natomiast połączenie geotekstyliów z bentonitem lub geomembran z bentonitem i geotekstyliami tworzy geokompozyt samouszczelniający (nieprzepuszczalny – rys. 4d).

Geomembrany

Geomembrana jest to cienki, giętki i ciągły, nieprzezroczysty (skutek napełnienia) i nieprzepuszczalny dla substancji płynnych i gazów produkt syntetyczny lub bitumiczny w postaci wstęg lub arkuszy, złożony z jednej lub kilku warstw o łącznej grubości powyżej 1 mm. Cieńsze produkty syntetyczne o wyżej wymienio-



Rys. 4. Produkty pokrewne geotekstyliom – geokompozyty

nych cechach, ale przezroczyste, przeświecające lub nieprzezroczyste, bezbarwne lub barwione noszą nazwę folii (łac. *folium* – liść).

Wytwarzanie geowłóknin

Informacje ogólne

O dynamicznym rozwoju technologii wytwarzania geowłóknin zdecydowały:

- możliwość wykorzystania surowców włókienniczych o stosunkowo niskich przydatnościach przędnych (ścinki,

odpadki przędz i materiałów, włókna odpadkowe z wstępnych procesów przędzalniczych),

- prostota cyklu produkcyjnego, który wymaga znikomej – w stosunku do klasycznego parku maszynowego – liczby maszyn,
- bardzo duża wydajność zespołów do produkcji geowłóknin klejonych, igłowanych i przesywanych.

Opis poniżej przedstawionych technologii produkcji oparto na wcześniej przeprowadzonej przez autora artykułu analizie [Krzywosz 1983] krajowych i zagranicznych procesów wytwarzania geowłóknin. W technologii ich wytwarzania wyodrębnia się następujące etapy:

- wstępne rozluźnienie, oczyszczenie włókien i ich mieszanie,
- ostateczne rozluźnienie, oczyszczenie i mieszanie oraz uformowanie z nich runa,
- łączenie włókien w runie metodą klejenia lub mechanicznego łączenia.

Pierwszy etap stanowi najczęściej jedną samodzielną lub kilka połączonych linii produkcyjnych (ze względu na konieczność dobrego wymieszania włókien, które wymagają zastosowania różnych sposobów rozluźnienia). Drugi i trzeci etap realizuje się przeważnie na wspólnej linii, produkującej już gotowy wyrób. Każdy agregat do wytwarzania geowłóknin zawiera zwykle w swojej końcowej części zespoły wykończenia wyrobu (barwiarki, prasy, wyłaczarki, napawarki, suszarki, obcinarki).

Produktem wyjściowym do produkcji geowłóknin jest runo formowane różnymi metodami w zależności od przeznaczenia wyrobu. Runo formowane mechanicznie zgrzeblarkami wałkowymi z

włóknami ułożonymi wzdłużnie składa się z wielu warstw runka i w większości przypadków jest stosowane do produkcji geowłóknin igłowanych i przeszywanych. Do produkcji geowłóknin, które mają charakter jednorodnej warstwy klejonej chemicznie (lateksami, klejami) lub termicznie (proszkami, włóknami termoplastycznymi), runo formuje się systemami: mechanicznym, aerodynamicznym, elektrostatycznym i hydrodynamicznym (mokrym). Włókna w runie są ułożone anizotropowo. Przy mechanicznym formowaniu runa można poszczególne warstwy runka układać wzdłużnie, poprzecznie lub krzyżowo. Przy równoległym układzie włókien w runie otrzymuje się geowłókninę o jednokierunkowych właściwościach mechanicznych (w kierunku poprzecznym wytrzymałość geowłókniny jest znikoma). W celu wyrównania właściwości wytrzymałościowych runa w obu kierunkach stosuje się krzyżowanie, osiąganego przez przepuszczanie surowca (po uprzednim wymieszaniu w mieszarkach zgrzeblarkowych) przez zespół dwuzgrzeblarkowy z krzyżowym układaniem runa po zejściu z drugiej zgrzeblarki.

Geowłókniny klejone chemicznie

Znaczna część geowłóknin klejonych jest wykonywana przy użyciu płynnych środków wiążących, najczęściej polimerów organicznych (kauczuki syntetyczne i polimery akrylowe), charakteryzujących się określoną temperaturą mięknięcia i płynięcia. Umożliwia to stworzenie takich warunków, aby środek wiążący łatwo przenikał w głąb runa i wypełniał przestrzenie między włóknami, wiążąc je między sobą. Nie bez znaczenia jest odporność środków klejących, a więc i geo-

włóknin, na procesy starzenia się oraz na działanie chemiczne (kwasy, zasady, sole). Istotnym elementem produkcji geowłóknin klejonych chemicznie są urządzenia do nanoszenia środków wiążących na runo. Od ich prawidłowej pracy oraz od ilości środka wiążącego zależy charakter wyprodukowanej geowłókniny. Obecnie stosowane są następujące sposoby nanoszenia lepiszcza na runo: napawanie, nanoszenie bezpośrednie, natryskiwanie, natryskiwanie z przesysaniem, nanoszenie pośrednie.

Napawanie odbywa się przez zanurzenie runa w środku klejącym, a następnie odcięcie jego nadmiaru i skierowanie go do suszarki dyszowej w celu usunięcia z runa wilgoci i sieciowania środka wiążącego. Po wysuszeniu i usieciowieniu środka wiążącego powstają trwałe błonkowate wiązania między włóknami.

Nanoszenie bezpośrednie osiąga się przez wprowadzenie runa między dwa obracające się wałki, z których dolny zanurzony jest w środku wiążącym, a na górny (dociskowy) rozpylany jest klej przez dyszę. W efekcie uzyskuje się dwustronne nanoszenie środka wiążącego, choć może być ono i jednostronne, po wyeliminowaniu dyszy. W dalszej kolejności następuje suszenie.

Natryskiwanie polega najczęściej na wprowadzeniu płynnego kleju na powierzchnię i do wnętrza runa w postaci drobnych kropeł wdmuchiwanymi przez dyszę.

Natryskiwanie z przesysaniem polega na natryskiwaniu z jednej strony i odsysaniu środka klejącego w głąb runa za pomocą pneumatycznego urządzenia ssącego. W obu metodach runo przechodzi przez suszarki walcowe.

Geowłókniny klejone termicznie

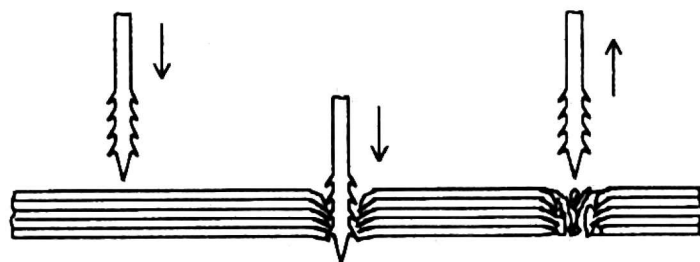
Sposób łączenia włókien w runie stałymi środkami wiążącymi zależy od rodzaju zastosowanego środka wiążącego nadającego geowłókninie ostateczne właściwości. Są nim tworzywa termoplastyczne występujące w postaci: włókien (Piviacid, Fi-bravyl), proszków (polimery i kopolimery chlorku winylu), ciągłych przędz termoplastycznych, folii (zmiękczonego polichlorek winylu lub polietylenu) i past (np. polichlorowinyłowych). Włókna z ww. środkami wiążącymi podawane są w postaci runka ze zgrzeblarki wałkowej na układarkę, skąd po jego uformowaniu zespołem wałków i szczeblaków wprowadzane są do nagrzewarki (120–130°C). Stałe środki wiążące stają się spoiwem z chwilą poddania runa odpowiedniemu naciskowi w wysokiej temperaturze. Obróbka cieplna runa powoduje częściowe stopienie stałych środków wiążących i sklejanie włókien je otaczających. Stałe środki wiążące są stosowane szczególnie w tych wypadkach, gdy występuje potrzeba wykonania geowłókniny porowatej o małym stopniu powiązania i sprasowania runa.

Geowłókniny łączone mechanicznie

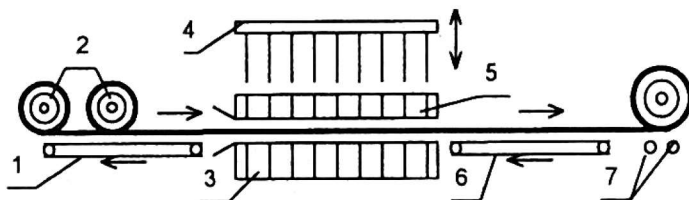
Geowłókniny igłowane

Geowłókniny łączone mechanicznie przez igłowanie i przesywanie są produktami nowoczesnych technologii, spośród których najszersze zastosowanie w technice budowlanej znalazły geowłókniny igłowane.

Proces tworzenia geowłókniny igłowanej polega na przekłuwaniu runa igłami (rys. 5). Igły mają różnego rodzaju nacięcia, które w momencie przekłuwania warstwy włókien pociągają za sobą



Rys. 5. Schemat wiązania runa za pomocą igłowania



Rys. 6. Uproszczony schemat technologiczny urządzenia igłującego

ich część. Po wycofaniu igieł włókna te pozostają w układzie poprzecznym do zasadniczego kierunku włókien, wiążąc sobą całość runa. Schemat technologiczny urządzenia wytwarzającego geowłókninę igłowaną przedstawia rysunek 6.

Szczeblak (1) podaje runo (odwijając je z poszczególnych zwoi (2) i układa równoległe, krzyżowo lub skośnie) na płytę dolną (3) z licznymi otworami odpowiadającymi ułożeniu igieł zamocowanych w górnej płycie (4). Płyta pośrednia (5) przyciska runo do płyty dolnej (3) i zapobiega deformacjom włókniny w czasie powrotnego ruchu igieł. Po przeigłowaniu szczeblak odprowadzający (6) podaje geowłókninę do urządzenia nawijającego (7).

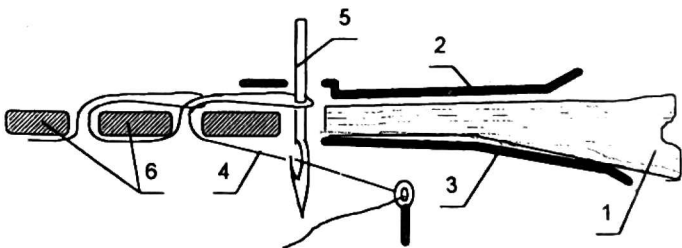
W celu zwiększenia wytrzymałości geowłókniny na rozrywanie stosuje się czasami podkładkę, która podlega igłowaniu wraz z runem. Igłowanie może być przeprowadzone na różną głębokość z

jednej lub obu stron runa. Czynnikiemami decydującymi o intensywności i efekcie igłowania, strukturze oraz właściwościach fizykomechanicznych gotowego wyrobu są:

- typ i numer igły, liczba i kształt nacięć na igle,
- liczba przeigłowań na jednostkę powierzchni runa,
- głębokość igłowania,
- wielokrotność igłowania, przy czym:
 - wraz ze wzrostem liczby przeigłowań na cm^2 wzrasta masa powierzchniowa, gęstość objętościowa oraz naprężenie rozrywające geowłókniny igłowanej,
 - wzrost głębokości igłowania: decyduje o dobrym zamocowaniu włókien w geowłókninie,
 - przy zwiększeniu wielokrotności igłowania runa otrzymuje się wzrost sztywności i elastyczności oraz zmniejszenie grubości geowłókniny igłowanej.

Geowłókniny przeszzywane

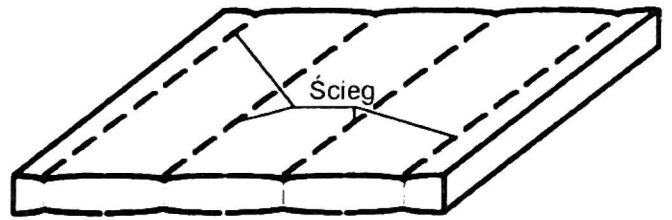
Geowłókniny przeszzywane powstają z włókien uformowanych w runo i odpowiednio przeszytych szwami stosowanymi w konfekcjonowaniu dzianin. Surowiec po zmieszaniu, zgrzebleniu i uformowaniu w runo na aparacie krzyżującym przeszzywa się przędzą (maszyny: Maliwatt, Arache) lub włóknem (maszyny typu Arabewa i Malivlies). Rysunek 7



Rys. 7. Zasada przeszzywania runa przędzą

wyjaśnia zasadę przeszzywania runa przędzą. Runo (1) jest przekazywane do szczeliny utworzonej przez płaszczyzki (2) i (3) i przeszzywane przędzą (4), za pomocą igły haczykowej (5), dzięki czemu powstaje geowłóknina (6). Aby uzyskać wymagane parametry użytkowe geowłókniny przeszzywanej, należy:

- zastosować odpowiedni surowiec,
- wybrać odpowiedni rodzaj splotu i podziałkę szycia (rys. 8),



Rys. 8. Geowłóknina przeszzywana

- określić gramaturę (masę powierzchniową) runa przeznaczonego do przeszycia.

Przy produkcji runa na geowłókninę przeszzywaną ważne jest, aby włókna elementarne w uformowanym runie były ułożone wielokierunkowo, co zapewnia geowłókninie zbliżone wskaźniki wytrzymałościowe w różnych kierunkach.

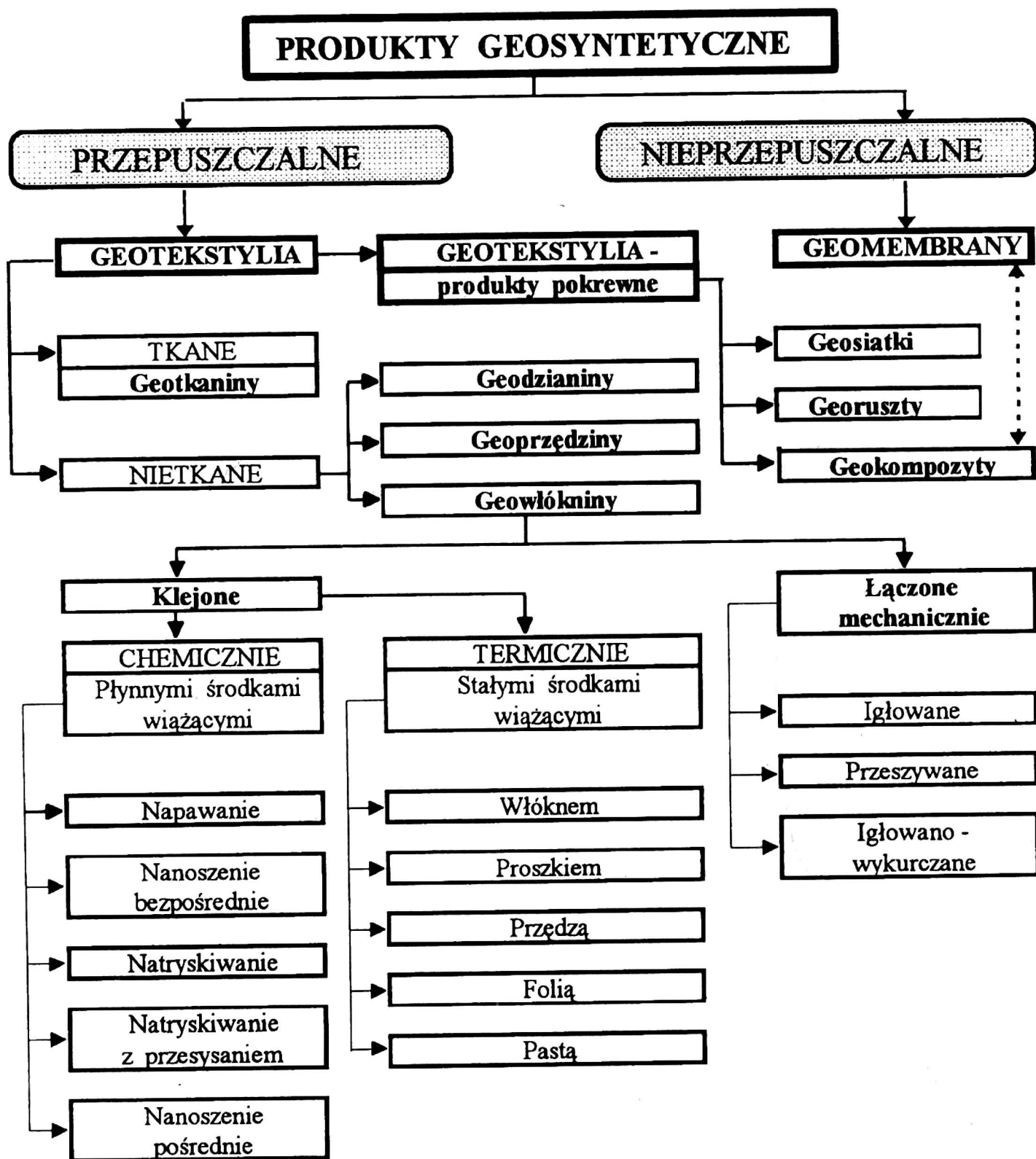
Geowłókniny igłowano-wykurczane

Geowłókniny igłowano-wykurczane otrzymuje się, stosując w pierwszej fazie opisane uprzednio igłowanie runa, a w drugiej jego wykurczanie (w komorze grzejnej pod wpływem wysokiej temperatury) następujące na skutek domieszki w przeigłowanym runie wysokokurczliwych włókien termoplastycznych. Wykurczanie powoduje dalsze zagęszczenie i wzmocnienie geowłókniny, która uzyskuje parametry zbliżone do właściwości filcu.

Proponowany podział

Jako podstawowe kryterium klasyfikacji produktów geosyntetycznych przyjęto ich zdolność do przepuszczania substancji ciekłych (płynnych i gazowych). Następnie dokonano podziału geosyntetyków

przepuszczalnych ze względu na technologię produkcji (rys. 9). Natomiast grupę produktów nieprzepuszczalnych stanowią geomembrany i geokompozyty tworzące bariery uszczelniające. Wyróżnia się następujące grupy surowcowe, z których wykonuje się geomembrany: *ela-*



Rys. 9. Podział produktów geosyntetycznych

stomery (EPDM – termoplastyczna guma, butyl/EPDM i chloropen – gumy obrabiane), *plastomery: termoplasty bezpostaciowe* (PCW – polichlorek winylu, CPE – polietylen chlorowany, CSPE – guma termoplastyczna) i *półkrystaliczne* (polietylen o dużej – HDPE i średniej – MDPE gęstości, polietylen o niskiej – LDPE i bardzo niskiej – VLDPE gęstości, polietylen o liniowo niskiej gęstości – LLDPE), *polimerowo-bitumiczne i bitumiczne* (asfalt) oraz *kompozytowe – bentonitowe* (bentonit natryskiwany na geomembranę).

Podstawowym bodźcem do tworzenia geokompozytów jest chęć uzyskania materiału łączącego w sobie najlepsze cechy poszczególnych geotekstyliów. Skład geokompozytu zależy od roli, jaką ma on spełniać w konkretnym rozwiązaniu konstrukcyjnym. Mogą to być geokompozyty tworzące bariery uszczelniające, warstwy filtracyjne, drenażowe, separujące, wzmacniające i tym podobne zastosowania. Do uszczelniania stosuje się często geokompozyty z udziałem bentonitu. Może to być bentonit między dwiema warstwami geowłókniny (geotkaniny, geoprzędziny i geodzianiny – rys. 4d) lub natryskiwany cienką warstwą na geomembranę. Stosuje się również połączenia geomembrany z geotekstyliami tkanymi i nietkanymi (jednostronnie lub dwustronnie), które spełniają rolę warstwy ochronnej lub drenażowej. Materiały na geokompozyty są dobierane w ten sposób, aby optymalnie spełniały postawione im zadania w konkretnych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

Przedstawione produkty geosyntetyczne (rys. 9) w konstrukcjach inżynierskich mogą spełniać następujące funkcje:

- filtry w systemach drenażowych,

- drenaż substancji płynnych i gazowych,
- wzmocnienie podłoża (zbrojenie) lub korpusów budowli ziemnych (składowanych odpadów) w celu podniesienia ich stateczności,
- rozdzielenie materiałów budowlanych (separacja), w tym gruntów o różnym uziarnieniu,
- zabezpieczenie przeciwerozyjne i przeciwpylące,
- zabezpieczenie geomembran lub innych wykładzin uszczelniających przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- bariery nieprzepuszczalne (warstwy uszczelniające) dla cieczy i gazów.

Podane powyżej informacje świadczą o różnorodności zastosowań produktów geosyntetycznych. Należy nadmienić, że ten sam materiał geotekstylny może spełniać kilka funkcji jednocześnie. Wyżej wymienione rodzaje zadań muszą być określone w dokumentacji projektowej, ponieważ z tych funkcji wynikają stawiane produktom geosyntetycznym wymagania.

Literatura

- CHRISTOPHER B. R., HOLTZ R. D. 1985: *Geotextile Engineering Manual*. Pub. Federal Highway Administration, Washington, USA.
- GIROUD J. P. 1984: *Geotextiles and Geomembranes*. Geotextiles and Geomembranes, v. 1. No 1, 1–40.
- GIROUD J. P. 1986: *From Geotextiles to Geosynthetics- a Revolution in Geotechnical Engineering*. 3-rd Conf. on Geotextiles, Vienna, v. 1, b. 1, 1–18.
- JĘDRYKA G., KRZYWOSZ Z., MATUSIEWICZ W., SOKOŁOWSKI J. 1993: *Badania hydrauliczne nowych konstrukcji filtrów w budownictwie wodnym i melioracyjnym*. Przegl. Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środ. SGGW, Warszawa, z. 2, 3–12.

KRZYWOSZ Z. 1983: *Przydatność włókien filtracyjnych jako warstw ochronnych w budownictwie wodno-melioracyjnym*. Rozpr. doktor. SGGW-AR, Warszawa.

KRZYWOSZ Z. 1995: *Geotekstylii w budowlach inżynierskich – zalecenia praktyczne*. Zeszyty

Naukowe AR we Wrocławiu, Konferencje VIII. Nr 266, 275–283.

PN-ISO 10318:1993: *Geotekstylii*. Terminologia.

SAATHOFF F. 1987: *Marktformen und Grundsätzliches zur Wirkungsweise von Geotextilien*. Mitteilungen des Franzius Instituts für W.U.K. der U. Hannover, H. 64.