

Raspad kristalne rešetke koji prati gubitak vode uzrokuje smanjenje čvrstoće azbestne prede. Pređa od serpentinskog azbesta do 400°C zadržava početnu čvrstoću (ona s temperaturom čak malo poraste), a iznad te temperature je naglo gubi; pređa od kroki-dolitnog azbesta već počevši od 100°C gubi čvrstoću, ali kako je na običnoj temperaturi znatno čvršća od serpentinske, ona je (ako se grije u odsutnosti vodene pare) do 400°C čvršća od ove, a iznad 400°C jednako čvrsta. U prisutnosti vodene pare kroidolitni azbest i na razmjerno niskim temperaturama naglo gubi čvrstoću, dok se pređa od serpentinskog azbesta u tom slučaju ponaša kao u odsutnosti vode.

Dobivanje i klasifikacija azbesta. Ležišta azbesta se obično eksploatiraju u površinskim kopovima pa su i metode otkopavanja prilagodene uvjetima površinskog otkopavanja. Rjeđe se upotrebljava jamski rad. U rudištima gdje se dobiva azbest dugih vlakana još se na mjestu eksploatacije ručnim probiranjem odvoje komadi s dugim vlaknima, čekićem se odijele od jalovine i odmah separiraju u dvije sorte, s kraćim i s duljim vlaknima. Takav azbest dugih vlakana separiran u rudištu naziva se u Kanadi »crude«. Rude s azbestom kraćeg vlakna podvrgavaju se procesima mehaničkog oplemenjivanja u separacijama, uglavnom sitnjenju ili dezintegraciji i sijanju, pa klasiranju i sortiranju u zračnoj struji.

U trgovini azbestom upotrebljavaju se različite klasifikacije prema zemljama proizvodnje. U SSSR se azbest razlikuje prema duljini vlakna i teksturi (tvrdi, polutvrdi i meki), po kanadskoj klasifikaciji (QAPA — Quebec Asbest Producers' Association) azbest se dijeli u 9 grupa prema duljini vlakna, a od grupe 3 dalje grupe se dijele u podgrupe prema granulometrijskom sastavu. Azbest najduljeg vlakna, grupe 1 (»crude 1« > 18 mm), 2 (»crude 2« 9...18 mm) i 3 (6...9 mm) upotrebljava se poglavito kao tekstilna sirovina, azbest grupe 4 (4...6 mm) pogodan je za azbestni papir i ploče, a upotrebljava se, kao azbest grupe 5 (2...5 mm), i za kvalitetnije azbestno-cementne proizvode (npr. cijevi), azbestno-asfaltne krovne mase, brtvila, obloge za kočnice i kvačila, izolaciju cijevnih vodova i kao punilo za plastične mase. (Serpentinski) azbest grupe 6 (1...2 mm) služi najviše za azbestno-cementne proizvode i također za iste svrhe kao i azbest grupe 5. Azbest grupe 7 (~ 1 mm) služi u azbestno-cementnim masama za izolaciju parnih kotlova, za azbestno-asfaltne mase i kitove, kao dodatak bojama, oklopima elektroda za zavarivanje, plastičnim masama i dr. Grupe 8 (»pijesak«) i 9 (»šljunak«), ostaci prostorne težine veće odn. manje od 35 lb/ft³, upotrebljavaju se kao punila kad je potrebna velika specifična gustoća, osim toga pijesak za ojačanje sadrenog morta, a šljunak za šljunčanje ravnih krovova. Azbest koji se može presti (grupe 1...3) čini samo mali dio ukupno proizvedenog azbesta, u Kanadi ~8%.

Azbestni proizvodi. Samo najdulja vlakna azbesta mogu se presti sama, ostalima se mora primiješati do 20% pamuka. Uobičajenim tekstilnim strojevima pređa se preraduje u konac, užad, tkanine i pletivo. Od tkanine se prave odjevni predmeti otporni prema vatri i kiselinama, zastori u kazalištima, poštanske vreće, toplinski i električni izolacioni materijal otporan prema visokim temperaturama, filterska platna otporna prema kiselinama i bazama (danas zamijenjena uglavnom platnom od sintetskih vlakana). Za tkanine otporne prema kiselinama upotrebljava se kroidolitni azbest (tzv. modri Kap-azbest).

Vrpce, užeta i pletenice upotrebljavaju se na različite načine za brtvljenje i izolaciju; pojačane žicom ili gumom, također impregnirane lojem ili grafitom, nezamjenjive su u brtvenicama pumpi i drugih aparata za rukovanje tekućinama.

Papir i ljepenka proizvode se od azbesta na sličan način kao od celuloze. Azbestna ljepenka sadržava obično 75...80% azbesta i 3% veziva (napravljenog od krumpirova škroba), ostatak je punilo, obično kaolin. Proizvode se i azbestne ploče bez punila, sa 97...98% azbesta. Azbestne ljepenke i papiri upotrebljavaju se uglavnom za toplinsku izolaciju i za brtvljenje.

Azbest je nezamjenjiv i u proizvodnji obloga za kočnice i kvačila. Prave se tako da se azbest, bilo raščihan i izmiješan s punilima i metalnim strugotinama bilo u obliku tkanine ojačane mješanim žicama, veže kaučukom ili smolama (redovito fenolno-formaldehidnim) i formira pod pritiskom.

Skupnim nazivom »it-ploče« (jer im zaštićena imena redovito završavaju na -it, npr. Klingerit) označuju se proizvodi koji

se sastoje od azbesta pomiješanog s punilima i vezanog kaučukom ili smolom, a služe za brtvljenje. Za brtvila otporna prema kiselinama upotrebljava se amfibolski azbest. Brtvila koja treba da budu otporna prema visokim temperaturama ne mogu se proizvoditi s organskim vezivima, nego se azbestni prsteni oklope bakrom ili impregniraju grafitom.

Najviše azbesta troši se na proizvode od azbestnog betona (v. *Azbestno-cementni proizvodi*).

Od brojnih drugih primjena za koje se upotrebljava azbest (nomenklatura azbestnih proizvoda sadržava više nego hiljadu artikala) neka budu spomenute još ove: kao punilo za toplinsku izolaciju (upotrebljava se rado amositni azbest jer u raščihanom stanju, zbog manje savitljivosti vlakna, bolje održava oblik nego serpentinski), kao punilo u proizvodima od umjetnih smola, za ojačavanje stakturne sadre i podova od Sorel-cementa, za lake građevne ploče, za filtraciju (npr. vina, voćnih sokova, krvne plazme) u naplavnim filtrima, kao podloga za katalizatore (npr. platin-azbest), za dijafragme pri elektrolizi, kao sastojina porozne mase u bocama za acetilen.

Svjetska i domaća proizvodnja azbesta. U tabl. 2 iznijeti su podaci za svjetsku proizvodnju azbesta u 1959, bez SSSR. O proizvodnji u SSSR nema pouzdanih podataka; prema jednoj neslužbenoj i neproverjenoj informaciji iznosila je 1957 proizvodnja 790 kt, od čega 273 kt negarantiranog kvaliteta. Smatra se da je to možda maksimalni kapacitet proizvodnje. U Jugoslaviji je 1961 iskopano azbestne rude 270 000 t i iz nje dobiveno azbestnog vlakna 6086 t. Računa se da se oko dvije trećine u svijetu proizvedenog azbesta troši na proizvodnju azbestno-cementnih proizvoda, oko jedne šestine na materijal za toplinsku izolaciju, preostala šestina na ostale gore spomenute primjene.

Tablica 2

SVJETSKA PROIZVODNJA AZBESTNOG VLAKNA 1959, bez SSSR (u kt)

Kanada	959,2	Brazil	3,4
Južnoafrička republika	165,6	Bečuanja	1,3
Južna Rodezija	108,6	Indija	1,4
Italija	47,4	Bugarska	1,0
Sjedinjene države			
Amerike	41,2	UAR — Egipat	0,5
Svazi	22,5	Turska	0,4
Francuska (Korzika)	20,9	Nova Zelandija	0,4
Australija	16,2	Argentina	0,3
Cipar	13,1	Mozambik	0,2
Japan	12,4	Bolivija	0,2
Finska	8,7	Koreja	0,1
Venezuela	4,6	Tajvan	0,1
Jugoslavija	4,3	Portugal	0,1

Cijena azbesta, koji je dijelom i strateški materijal, varijabilna je i zavisi kako od vrste i kvaliteta tako i od konjunktura. Za kanadski azbest kretala se 1959, u Can.-\$/sh. t., od 41 za najgori grupe 7 do 1400 i više za crude 1. Cijene za amfibolne azbeste su se iste godine kretale od 112 do 820 Can.-\$/sh. t.

Proizvodnjom azbestne konfekcije, pletenica, ploča, vlakna, obloga za kočnice i kvačila itd. bave se u Jugoslaviji tvornice: »Azbest« u Pločama, »Jugoazbest« u Mladenovcu i »Nikodije Stojanović Tatko« u Prokuplju.

LIT.: H. Frank, *Asbest*, Hamburg 1952. — W. E. Sinclair, *Asbestos, its origin, production and utilization*, London 1955. — C. Z. Carrol-Porczynski, *Asbestos*, Manchester 1956. — G. F. Jenkins, *Asbestos*, u: J. L. Gilson (ed.), *Industrial minerals and rocks*, New York 1960. VI. Ma.

AZBESTNO-CEMENTNI PROIZVODI (azbestnobeton-ski proizvodi), proizvodi od azbestnog betona, tj. cementa ojačanog dodatkom azbesta. Prisutnost i razmjerno malih količina azbestnih vlaknaca u otvrdnutom cementu znatno mu povećava čvrstoću na zatezanje i na savijanje i udarnu žilavost; u dobiveni veštački kamen mogu se zabijati ekseri a da on ne puca, on se može testeriti, bušiti i inače obrađivati alatom za obradu drveta. Mehaničke osobine azbestnog betona (azbest-cementa) razlikuju se unutar širokih granica prema sadržaju azbesta, njegova mineraloško sastava, duljine i debljine njegova vlakna, finoće mlevenja upotrebljenog cementa, rasporeda azbestnih vlaknaca u betonu, mere do koje je ovaj pritiskom zgusnut i načina na koji je cement otvrdnuo.

Potkraj prošlog veka (Hatschek, patent 1900) učinjeno je značajno otkriće koje je omogućilo proizvodnju ploča i drugih predmeta od azbestnog betona (pronađenog već 1876): pomeša

li se azbest, raščestlan u pojedinačna vlakna, s fino samlevenim cementom i s velikom količinom vode, cement i njegovi produkti reakcije s vodom prionu za vlakna azbesta i počinju da otvrdnjavaju tek nakon duljeg vremena, tako da se nastala kašasta masa može preraditi presovanjem ili na mašini analogoj mašini za proizvodnju hartije, a da ona pri tom ne otvrdne. Prepuštena posle toga samoj sebi na vlažnom vazduhu ili podvrgnuta delovanju vodene pare na povišenoj temperaturi, masa otvrdne u veštački kamen gore navedenih osobina. Odnos cementa i azbesta zavisi o željenim svojstvima produkta, o vrsti i specifičnoj površini azbesta i o vrsti i specifičnoj površini cementa. Za svaki oblik proizvoda i za svaku vrstu azbesta postoji određeni odnos azbesta i cementa koji daje maksimalnu čvrstoću. Uz inače jednake uslove azbestni beton maksimalne čvrstoće sadržava to više cementa što je ovaj finije mleven; kako je cena azbesta najvažnija stavka u ceni koštanja produkta, treba radi štednje azbestom upotrebiti cement mleven što je finije moguće bez nesrazmernog povećanja troškova. Kao granice unutar kojih se kreće odnos azbesta i cementa navode se 1:10 i 1:4.

Postupci proizvodnje. Danas se za proizvodnju azbestno-cementnih proizvoda upotrebljavaju četiri postupka: *mokri postupak na mašini za proizvodnju hartije, mokri postupak presovanjem, polusuhi postupak i postupak presovanjem u kalupima.*

Prema prvobitnom Hatschekovu postupku, koji se i danas najčešće upotrebljava, azbest se, nakon suhe dezintegracije, — kao pri proizvodnji hartije — u holenderu razdvaja u vlakanca i ujedno meša sa cementom; od nastale retke kaše se na mašini načelno jednakoj mašini za proizvodnju hartije obrazuje »runo«, koje se namotava na »formatni valjak« dok se ne postigne željena debljina; onda se ono s valjka skida i presekalicama ili makazama razreže u željene oblike; dobivene ploče se u paketima, s nauljenim limenim pločama među njima, podvrgnu pritisku do ~ 200 kp/cm² u hidrauličnim presama, a onda puste da otvrdnu bilo na slobodnom vazduhu (do 2 meseca) bilo u vlažnim komorama (95% vlažnosti vazduha) na 35°C, ili se podvrgnu postupku otvrdnjavanja u autoklavima parom pod povišenim pritiskom. U potonjem slučaju masi se dodaje nešto kremene kiseline da se njome veže slobodni kalcijum-oksidi koji nastaje pri tom procesu. Ovim se postupkom najbolje iskorištava armirajuće delovanje azbesta, ali se njime mogu proizvoditi samo predmeti srazmerno manje debljine (do 10 mm) i mora se upotrebljavati kvalitetni azbest. Modifikacijom tog procesa mogu se proizvoditi i cevi.

Pri mokrom postupku presovanjem sastojine se suhe pomešaju i spremaju u bunke; odande se smeša u merenim obrocima oduzima, pomeša s vodom i u hidrauličkoj presi filtruje pod visokim pritiskom. Na taj se način proizvode ravne ploče debljine do 10 cm i talasaste ploče debljine do 1 cm, a duljine do ~ 3 m.

Pri polumokrom postupku se sirovine, suho pomešane, prebace na dugu pokretnu beskrainu vrpcu od platna, na kojoj se ovlažuju vodom i prolazeći između pritisnih valjaka pretvaraju u gustu traku; ova se razreže (obično na crepove) i otvrdne na jedan od navedenih načina. Preimućstva su tog postupka što je brzina proizvodnje velika, što je upravljanje procesom lakše, što nema gubitaka koji redovito nastaju pri filtraciji, što su investicioni i pogonski troškovi maleni i što je postupak elastičan u pogledu proizvodnje ploča različitih veličina. Nedostatak mu je što se mogu njime proizvoditi samo ploče srazmerno male debljine.

Presovanjem u kalupima proizvode se neki predmeti zamršenijih oblika na sličan način kao od plastičnih masa, ali je zbog vrlo različitih osobina potrebno veliko iskustvo pri konstruisanju kalupa. Na ovaj se način proizvodi srazmerno mala količina predmeta koji se na drugi način ne mogu proizvesti.

Za neke svrhe (rasklopne ploče, zidne pločice za kupaonice itd.) azbestni se beton može učiniti neporoznim i nepropusnim



Proizvodnja azbestno-cementnih cevi (Anhovo)

za vodu odgovarajućim dodacima smeši azbesta i betona ili naknadnom impregnacijom gotovih predmeta. Može se i obojiti dodatkom čađe ili mineralnih boja smeši, ili naknadnim premazivanjem.

Primena azbestno-cementnih proizvoda. Zbog svojih povoljnih osobina — razmerno male specifične težine, velike čvrstoće na zatezanje i na savijanje (obe ~ 200 kg/cm²), razmerno male vodljivosti za toplinu i elektricitet, otpornosti na mrazu, u vatri i prema hemijskim učincima vode i atmosfere — azbestno-cementni proizvodi našli su vrlo široku primenu, naročito u građevinstvu. Ploče služe, same ili kao obloga na drugom materijalu, za spoljne zidove zgrada, za (stalne ili pomične) pregradne zidove u zgradama i brodovima. Crep od azbest-cementa je lagan i trajan, a zbog glatkoće njegove površine nagib krovova njime pokrivenih može biti manji nego krovova pokrivenih crepom od pečene gline; krovovi se pokrivaju i talasastim ili ravnim pločama. Pločice za zidove kupaonica proizvode se od mase nepropusne za vodu i pokrivaju se otpornim lakom. Ploče s rupicama upotrebljavaju se (naročito na stropovima velikih uredskih prostorija u kojima radi mnogo ljudi) za pokrivanje akustičnoizolacijskog materijala. Cevi za pritiske do 20 kp/cm² upotrebljavaju se za vodovode, gde imaju pred železnima i preimućstvo da im se na glatkoj unutrašnjoj površini ne hvataju inkrustacije, a spoljna je površina otporna prema koroziji; u nekim zemljama siromašnim železom (npr. Italiji) gotovo su sasvim istisnule železne cevi. Cevi tanjih zidova upotrebljavaju se za ventilacione i dimne vodove i za zaštitu kablova. Rasklopne ploče električnih postrojenja prave se od posebno impregniranog azbestno-cementnog materijala.

Domaća proizvodnja azbestno-cementnih proizvoda. U našoj zemlji azbestni beton se naziva *salomit* (prema latinskom imenu Saloniae mesta Solina, gde se nalazila prva fabrika tih proizvoda u nas). Azbestno-cementne proizvode danas izrađuju u Jugoslaviji dve fabrike: »Antiša Vučićić« u Vranjicu kraj Splita i »5 septembar« u Anhovu, srez Gorica. Glavni produkti tih fabrika jesu: ravne ploče 122 × 122 i 244 × 122 cm, talasaste ploče 122 × 105 i 183 × 105 cm, male presovane ploče (šablioni) 40 × 40 cm, vodovodne cevi od 50 do 1000 mm \varnothing za pritiske 5, 10, 15 i 20 kp/cm², kanalizacione i ventilacione cevi raznih profila, fasonski komadi raznih profila i oblika. Proizvodnja je u g. 1961 iznosila 90 118 t, od toga 57 900 t u Anhovu, ostalo u Vranjicu.

LIT.: K. A. Weniger, Die Asbestzementschieferfabrikation, Berlin 1926. V. Tu.