

Dziedzictwo azbestowe i jego znaczenie w przyszłości

Asbestos legacy impacts on future prospects

1. Wprowadzenie

Historia stosowania azbestu rozciąga się na długi okres, sięgając czasów starożytnych Greków i Rzymian. Właściwości tych włóknistych krzemianów, takie jak giętkość i znakomita odporność na wysokie temperatury zyskała mu w Grecji miano „niezniszczalnego” lub „nie do zniweczenia” oraz reputację „cudownego minerału”.

Ten przedział czasowy w pewnym stopniu towarzyszył długiej historii cementu, w której występuje pewna spójność azbestu z cementem, a w szczególności w zakresie wyrobów azbestowo-cementowych. Stało się to szczególnie widoczne dzięki szybkiemu rozwojowi budownictwa w XX wieku. Rzeczywistość i obawa przed jego właściwościami rakotwórczymi, związanymi z różnymi minerałami azbestowymi, przyćmiła jego przyszłość.

Należy kontynuować badania w jaki sposób postępować z tym minerałem zachowując bezpieczeństwo w istniejących konstrukcjach oraz produktach, i to przede wszystkim w tych obszarach geograficznych, w których zachowuje się jego dotychczasowe formy stosowania. Te prace powinny również obejmować mniej znane materiały azbestowe. Natomiast uwaga jak i przeznaczane środki skierowane są głównie na zastąpienie azbestu lub jego szczelne pokrycie, przy czym brak ostatecznych decyzji oraz odpowiednich przepisów dotyczących jego stosowania.

2. Perspektywa historyczna

W tablicy 1 podano historię stosowania azbestu. Wykonując duży przeskok w czasie w wieku XIX i XX stwierdzono konieczność zabezpieczenia potrzeb mieszkaniowych dla szybko rosnącej populacji. Nadejście rewolucji przemysłowej, a następnie wojen uczyniły tę potrzebę bezwzględną koniecznością.

W zakresie produktów azbestowo-cementowych oznaczało to wypełnienie wymagań dla szerokiego zakresu zastosowań od budownictwa do różnych materiałów izolacyjnych oraz wiele wyrobów przypadających pomiędzy nimi.

1. Introduction

The history of the use of asbestos minerals covers a long span from the time of the Ancient Greeks and Romans to the present day. Properties of this fibrous, silicate minerals, such as flexibility and extraordinary resilience to great heat, earned them the name from the Greek for ‘indestructible’ or ‘inextinguishable’ and a reputation as the ‘miracle mineral’.

This time span to some extent parallels the long history of cements where there are also some associations of asbestos with cement – most notably asbestos-cement products. It became particularly evident with the huge 20th Century growth in building projects. The reality and fear of carcinogenic properties, resulting from the different asbestos minerals involved, then became evident overshadowing its future.

Research must continue into how to handle this mineral safely in existing structures and products, as well as those in geographical areas continuing its traditional pattern of use. This work should include the lesser known asbestiform materials. However, interest, as well as funding, in exploring the wider potential future for replacement or encapsulation, is hesitant, meaning there is currently a dearth of up-to-date texts on asbestos use that requires addressing.

2. Historical perspective

Table 1 details the history of the asbestos mineral. Taking a great leap forward in time, the Nineteenth and Twentieth Centuries saw the need to satisfy building for vastly growing populations. The arrival of the Industrial Revolution and then the aftermath of wars, saw its popularity as almost unstoppable.

In a matrix of asbestos-cement it provided products fulfilling the criteria for a wide range of uses from building to general insulation and much more in between.

Wraz z postępowaniem w badaniach medycznych oraz alarmującymi doniesieniami o wczesnej umieralności ludzi, którzy utrzymywali bezpośredni kontakt z minerałami „azbestowymi” stwierdzono, że były one spowodowane rakiem lub związanymi z nim schorzeniami. Dalsze stosowanie produktów azbestowych zostało oficjalnie zabronione w latach osiemdziesiątych w Unii Europejskiej, Australii i Japonii. Natomiast są one w dalszym ciągu stosowane szeroko w Chinach, w Indiach, w Kazachstanie i w Rosji, głównie jako azbesto-cement, zawierający chryzotyl (biały azbest) – zawierający około 10% mas. włókien azbestowych w matrycy cementowej. Jego stosowanie powinno zawsze odbywać się przy ścisłym przestrzeganiu ochrony zdrowia, bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony środowiska.

3. Minerale związane z azbestem

Minerale te są nieliczne. Są to fyllokrzemiany, o strukturze warstwowej i są zaliczane do dwóch głównych rodzajów: chryzotyl i amfibole. Te dwa rodzaje minerałów wraz z podkategoriami tych ostatnich są wymienione w tabeli 2, w której zawarto także pewne informacje o ich składzie chemicznym. Dzisiaj są one objęte zarządzeniami legislacyjnymi w wielu krajach.

Dwie grupy włóknistych kryształów – chryzotyl (jedyne znane minerały z grupy serpentynitów) i amfibole (pięć minerałów podanych w tabeli 2) mają zupełnie różne właściwości powierzchniowe. Główna warstwa powierzchniowa chryzotyłu jest złożona z grup hydroksylowych, połączonych z sąsiednią warstwą wewnętrzną złożoną z jonów Mg. Przeciwnie, amfibole mają zewnętrzną warstwę złożoną z jonów krzemu, które wykazują słabo kwaśne właściwości oraz bardzo małą rozpuszczalność.

W tabeli 3 podano mniej szeroko znane minerały tworzące włókniste formy; richteryt i winchyt, w celu uzyskania pełnej listy.

Tablica 1

WAŻNE HISTORYCZNIE „KAMIENIE MIŁOWE”

▶	Wykopaliska archeologiczne w Egipcie datują najwcześniejsze stosowanie materiału znanego jako azbest już w 3000 roku a. Ch. Data ta zbiega się z podobnymi pracami archeologicznymi w Finlandii.
▶	Azbest był już znany w starożytnej Grecji z rękopisów Platona, a później Plutarcha. W 50 a. Ch. uczonego rzymskiego Pliniusza użył nazwy „azbest”. Był on szeroko stosowany przez Rzymian i także Pliniusz zauważył, że chorowali niewolnicy, którzy tkali ognioochronne ubrania.
▶	Pierwszą odkrytą, nieomal magiczną właściwością była odporność na ogień, którą uzyskiwały materiały, do których został on dodany lub wpleciony. Grecy wydobywali chryzotyl ze złóż na Cyprze i w Turcji, a Rzymianie z podobnych złóż we włoskich Alpach. Był on szeroko stosowany w ubraniach, w tym również w ubiorach do kremacji.
▶	Wydobywany ze złóż w Finlandii antofyllit był prawdopodobnie pierwszy stosowany w budownictwie, jako zbrojenie przy wytwarzaniu odpornych na ogień zapraw z gliny i skały azbestowej.

With advances in medical research and alarming early mortality rates being reported for those coming into direct contact with the asbestos minerals, links with cancer and related illnesses were exposed. Future use of the product became officially abandoned during the 1980s in the European Union, Australia and Japan and enforced under legislation.

Globally, it is still widely used in China, India, Kazakhstan and Russia – mainly as asbestos cement, containing chrysotile (white asbestos) - with around 10% mass of asbestos fibres in the cement matrix. Its employment should always be accompanied by stringent health, safety and environment procedures.

3. Understanding asbestos minerals

Asbestos minerals are relatively few in number. They are phyllosilicates (sheet structures) and are classified into two main categories of chrysotile and amphiboles. These categories, together with the contained sub-categories are detailed in Table 2 together with other relevant chemical information. Today, they are covered by relevant asbestos legislation in many countries.

The two groups of fibres, chrysotile (the only known member of the Serpentine Group) and the amphiboles (the five members given in Table 2), have totally different surface properties. Chrysotile has a predominant surface layer of hydroxyl sites connected to an adjacent inner layer of Mg sites. In contrast, amphiboles have external bands of silica sites that are recognised as having a weakly acidic nature on these highly insoluble sites.

Table 3 lists the less widely known asbestiform minerals (winchite and richterite) for completeness.

Table 1

SIGNIFICANT HISTORICAL LANDMARKS

▶	Archaeological excavations in Egypt dated the earliest uses of the mineral we know as asbestos as far back as 3000 BC. This date concurs with similar work undertaken in Finland.
▶	Asbestos was already known in Ancient Greece from writings of Plato and later Plutarch. By 50 AD the Roman scholar Pliny had given it the generic name 'asbestos'. Extensively used by the Romans, Pliny also observed illnesses suffered by slaves who wove fireproof cloth.
▶	Its first identified property, and almost magical quality, was in the fire resistance provided to materials within which it was woven or added. Sourced by Greeks from chrysotile deposits in Cyprus and Turkey and Romans from similar deposits in the Italian Alps, it gained wide usage in clothes including cremation garments.
▶	In Finland, the anthophyllite deposits appear to have been the first used in construction for reinforcement by making fireproof mortars from clay and asbestos rock.
▶	1250: Marco Polo, the Venetian merchant, exploring the ancient trading routes from Europe to Asia, recorded seeing asbestos mines in Russia and, in China, asbestos garments being cleansed by fire.
▶	ca 1725: during the time of Peter the Great, asbestos was reported to occur and be used in the Ural mountains of Russia. But large scale commercial mining did not start until 1885 at Azbest near Sverdlovsk.

▶	W roku 1250 Marko Polo kupiec z Wenecji wędrując po starożytnych szlakach handlowych z Europy do Azji zanotował, że widział kopalnie azbestu w Rosji i w Chinach, a ubiory azbestowe czyszczono w ogniu.
▶	Okolo roku 1725 w czasach Piotra Wielkiego donoszono o złożach i stosowaniu azbestu na Uralu, w Rosji. Jednak na dużą skalę wydobycie azbestu w celach handlowych nie rozpoczęło się przed 1885 rokiem, w mieście Azbest koło Swierdłowska.
▶	Mniej więcej około 1803-1806 niemiecki geolog Lichtenstein odkrył występowanie chryzotyli w Południowej Afryce, w pobliżu Prieska, w dolinie rzeki pomarańczowej – obecnie Nu Garlep. Dopiero jednak nieco później została przez „De Beers Consolidated Mines” podjęta eksploatacja tego złoża w celach handlowych, w roku 1893.
▶	W roku 1828 został udzielony patent amerykański na stosowanie azbestu w przemyśle i budownictwie, co pociągnęło za sobą niezwykle szybki rozwój jego zastosowania.
▶	W roku 1847 William Logan odkrył azbest chryzotyliowy w Kanadzie i działalność handlowa rozpoczęła się w 1877 w Thetford, we Wschodnim Quebec.
▶	Ogólnie w XIX wieku wydobycie azbestu wzrastało, jak i jego stosowanie w wyrobach ze względu na wytrzymałość na zginanie, odporność na temperaturę, izolacyjność cieplną i możliwość stosowania w tkactwie oraz w przędzeniu.
▶	W 1907 odkryto jedyne złożo amozytu na świecie w Afryce Południowej (Wschodni Transwal), a wydobycie zostało podjęte kilka lat później.
▶	W późniejszych latach podjęto eksploatację azbestu chryzotyliowego w Południowej Rodezji (obecnie Zimbabwe), we Włoszech, Francji (Korsyka), Grecji, Turcji, Indiach, Południowej Afryce (Transwal), w Kraju Swazi, Brazylii, USA (Vermont i Arizona) oraz w Chinach (głównie Szechwan).
▶	W XX wieku azbest był szeroko stosowany na całym świecie, a jego właściwości wykorzystywano w elementach budowlanych (dachy), w przypadku wysokościowców mały ciężar nasypowy, odporność na ogień, w latach czterdziestych w prefabrykacjach (w budowie domów po wojnie), w okresie 1940 – 1980 do budowy szkół, od lat pięćdziesiątych i dalej w Programie Badań Kosmicznych, z powodu powstawania dużych ilości ciepła podczas opuszczania i powrotu do atmosfery ziemskiej, w latach sześćdziesiątych w budowie wysokościowców, z przeznaczeniem na mieszkania oraz biurowce, stosowano elementy azbestowo-cementowe.
▶	W 1961 roku mur w Berlinie w Niemieckiej Republice Demokratycznej został zbudowany z azbesto-cementu i miał być trwały przez 100 lat. Zburzono go w roku 1989, otwierając drogę do połączenia Niemiec.
▶	Po potwierdzeniu jego rakotwórczych właściwości wyroby z azbestu zostały zastąpione innymi materiałami w wielu krajach, szczególnie do roku 1980. Stosowanie wyrobów azbestowych jest zabronione w budownictwie w Unii Europejskiej, Australii i w Japonii.
▶	Niektóre wyroby zawierające azbest są stosowane w dalszym ciągu w przypadkach, w których trudno byłoby je zastąpić lub wręcz nie ma takiej możliwości. Obecna sytuacja w USA i w Kanadzie jest niejednoznaczna i azbest jest wydobywany w dalszym ciągu.
▶	Azbest jest dalej stosowany w wyrobach azbestowo-cementowych (głównie chryzotyli) w Indiach, w Chinach, w Kazachstanie i w Rosji, przy czym jego zawartość nie przekracza 10% masowych.

▶	ca 1803-1806: the German geologist, Lichtenstein discovered chrysolite in South Africa near Prieska in the Orange (now Nu Garlep) River Valley. But there was some time before it was commercially mined by De Beers Consolidated Mines who set up a company in 1893 to exploit these deposits.
▶	1828: the first US Patent for asbestos was issued and by the 1860s the use of asbestos in industry and construction had expanded dramatically.
▶	1847: William Logan discovered chrysolite asbestos in Canada and commercial operation started in 1877 at Thetford in Eastern Quebec.
▶	Overall, during the Nineteenth Century, asbestos was increasingly mined and utilised in products for its tensile strength, heat resistance, thermal insulation and abilities to be spun and woven.
▶	1907: the only amosite deposit that had been found in the World was discovered in South Africa (Eastern Transvaal), with mining starting some years later.
▶	Subsequently chrysotile asbestos was also produced in the then Southern Rhodesia (now Zimbabwe), Italy, France (Corsica), Greece, Turkey, India, South Africa (Transvaal), Swaziland, Brazil, USA (Vermont and Arizona) and China (mainly Szechwan).
▶	Within the late 20 th Century asbestos became extensively used worldwide as its properties were exploited e.g.: building elements (such as roofs; high rise buildings (lightweight, fire resistant), ca 1940s in prefabs (for post-war housing needs), ca 1940s-1980s for school construction, 1950s onwards – the Space Programmes, particularly because of high levels of heat generation during exit and entry into Earth's atmosphere, in the 1960s high rise dwellings and offices were built with asbestos-cement.
▶	1961: Berlin Wall was built of asbestos cement in the German Democratic Republic to last for 100s of years. Demolition began in 1989, paving the way for German reunification.
▶	With the confirmation of carcinogenic properties, asbestos products were replaced by other materials in many countries particularly since 1980. Asbestos minerals are now banned from use in construction in the European Union, Australia and Japan.
▶	Some asbestos containing products are still used where it has been difficult or impossible to replace the product. The current situation in the USA and in Canada appears to be more ambivalent with some asbestos still being mined.
▶	Asbestos is being utilised on a regular basis in asbestos cement (mainly with chrysotile) in India, China, Kazakhstan and Russia with the asbestos content normally not exceeding ca 10% mass.

4. Other hazardous fibrous materials in use

Attapulgite (also known as salt gel) used to be employed regularly as an alternative to bentonite (also called montmorillonite) in the oil and natural gas industry in both drilling fluids and well cementing extension, when either seawater has been utilised or else situations where saturated salt slurries are employed.

Note:

- Not all forms of attapulgite, of approximate formulation $(Mg,Al)_2[OH/Si_4O_{10}] \cdot 12H_2O$ are fibrous like asbestos minerals; some are granular.
- In drilling and completion operations within the oil and gas industry, the legislative position of attapulgite currently va-

Tablica 2 / Table 2

MINERAŁY WCHODZĄCE W SKŁAD AZBESTU

ASBESTOS MINERALS

Grupa minerałów Mineral Group	Układ Structure	Skład tlenkowy Oxide Composition	Przybliżony wzór Approx. Formulation
SERPENTYNY / SERPENTINE Chryzotyl / Chrysotile	Jednoskośny / Monoclinic	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
AMFIBOLE / AMPHIBOLE Aktynolit / Actinolite Amozyt / Amosite Antofilit / Anthophyllite Krokydolit / Crocidolite Tremolit / Tremolite	Jednoskośny / Monoclinic Jednoskośny / Monoclinic Ortorombowy / Orthorhombic Jednoskośny / Monoclinic Jednoskośny / Monoclinic	$2\text{CaO} \cdot 4\text{MgO} \cdot \text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $5.5\text{FeO} \cdot 1.5\text{MgO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $7(\text{MgO}, \text{FeO}) \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $2\text{CaO} \cdot 5\text{MgO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ $\text{Fe}^{\text{II}}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_4$ $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ $\text{Na}_2\text{Fe}^{\text{II}}_3\text{Fe}^{\text{III}}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$

Uwagi: / Note:

Chryzotyl jest jedynym przedstawicielem grupy serpentynitów i tworzy dwie odmiany polimorficzne: Lizardyt i Antygoryt
Chrysotile is the only member of the Serpentine Group, although there are two polymorphs of Chrysotile, namely Lizardite and Antigorite.

Amozyt jest włóknistą odmianą Grunerytu.

Amosite is the fibrous form of Grunerite.

Smaragdite is an alternative name for Actinolite.

Krokydolit jest włóknistą formą Rybekitu

Crocidolite is the fibrous form of Riebeckite.

Tablica 3 / Table 3

ASBESTIFORM MINERALS

MINERAŁY TWORZĄCE WŁÓKNISTE FORMY

Grupa minerałów Mineral group	Układ Structure	Skład tlenkowy/fluorkowy Approx. oxide/fluoride composition	Przybliżony wzór Approx. formulation
Richteryt / Richterite	Jednoskośny / Monoclinic	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 5(\text{MgO}, \text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{MnO}) \cdot 8\text{SiO}_2$ (CaO, CaF ₂ , H ₂ O)	$\text{Na}(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}}, \text{Fe}^{\text{III}}, \text{Mn}^{\text{II}})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
Winchyt / Winchite	Jednoskośny / Monoclinic	$(\text{Na}_2\text{O}, \text{CaO}) \cdot 4\text{MgO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$(\text{Na}, \text{Ca})\text{Mg}_4(\text{Al}, \text{Fe}^{\text{III}})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Uwagi: / Note:

Wyrażenie „minerały tworzące włókniste formy” odnosi się do minerałów wchodzących w skład azbestu i innych o podobnej strukturze, nie objęte zarządzeniami legislacyjnymi dotyczącymi zdrowia, bezpieczeństwa i środowiska. Obecnie ten termin odnosi się właśnie do tej ostatniej grupy minerałów nie objętych przepisami legislacyjnymi, pomimo że stwarzają one takie same zagrożenia jak azbest.

The term *asbestiform* has hitherto been utilised for both asbestos minerals as defined and for other similar structures not so far covered by current health, safety and environmental (HSE) legislation. Nowadays, the term *asbestiform* is normally reserved for those minerals in the latter category, where there are currently no HSE requirements, even though they are similarly hazardous like asbestos minerals.

Te minerały tworzące włókniste formy mogą zanieczyszczać naturalne złoża wermikulitu, który ma następujący przybliżony wzór chemiczny $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}}, \text{Fe}^{\text{III}})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$.

These asbestiform minerals can contaminate some natural deposits of vermiculite, which has the approximate chemical formula $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}}, \text{Fe}^{\text{III}})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$.

Sam wermikulit jest minerałem z grupy mik (także jednoskośny), który ulega ekspansji w czasie ogrzewania, zwiększając 300 razy objętość w wyniku rozwarstwienia blaszek i daje kruszywo o bardzo małej gęstości pozornej w zakresie 65 – 100 kg/m³, który stosuje się razem z xonotlitem $\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH})_2$.

Vermiculite itself is a mica-like material (also monoclinic) that expands upon heating by up to 300 times its own volume through exfoliation of the constituent laminae (giving very low aggregate bulk densities) in the range 65 – 100 kg/m², which are used with xonotlite $\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH})_2$.

4. Inne niebezpieczne materiały

Attapulgit (znany także jako żel solny) jest stosowany jako zamiennik bentonitu w przemyśle wydobywczym ropy i gazu tak w cieczach wiertniczych jak i w pracach związanych z cementowaniem odwiertów, w których albo stosowano wodę morską lub w podobnych sytuacjach, w których używano zawiesiny nasyconych soli.

ries amongst various national and regional regulatory authorities. Some countries ban both fibrous and granular attapulgit, others permit granular, but not fibrous attapulgit, whilst others have not so far forbidden either granular or fibrous attapulgit.

Uwagi uzupełniające:

- nie wszystkie formy attapulgitu, o przybliżonym wzorze $(Mg,Al)_2[OH/Si_4O_{10}] \cdot 12H_2O$, tworzą włókna na podobieństwo minerałów wchodzących w skład azbestu; niektóre występują w formie ziarenek,
- w procesach wiercenia i innych operacji związanych z przemyśłem ropy i gazu pozycja attapulgitu jest obecnie różna, zmieniając się zależnie od narodowych i regionalnych przepisów. Niektóre kraje zabraniają stosowania tak włóknistego jak i ziarnistego attapulgitu, inne dopuszczają ziarnisty lecz wykluczają włóknisty, podczas gdy jeszcze inne nie tak stanowczo traktują używanie ziarnistego, a nawet włóknistego attapulgitu.

5. Produkty azbestowo-cementowe

Niedrogie procesy prowadzące do otrzymywania wyrobów azbestowo-cementowych o korzystnych właściwościach chemicznych i fizycznych i zapewniających im dużą trwałość zapewniły im wielką popularność w przemyśle budowlanym, aż do XX wieku. Matryca z cementu portlandzkiego wiązała włókna w twardą masę. Połączenie zaczynu cementowego z włóknami, wykazuje zgodność mechaniczną i chemiczną czyni te wyroby bardzo trwałymi.

Produkty azbestowo-cementowe (głównie chryzotylowe) mają gęstość w zakresie od 1,6 do 2,0. Nie są one odporne na wstrząsy termiczne w temperaturach wyższych od około 800°C. Największą popularność zdobyły wyroby w formie płaskich płyt, dachówek, fałdowe płyty na dachy, rynny, rury na ścieki, w tym ciśnieniowe, które mogą pracować pod ciśnieniem wynoszącym około 4 MPa. Te wyroby zawierały z reguły około 10 – 16% masowych włókien azbestowych, w zależności od wymaganych właściwości. Główną ich funkcją było spełnianie roli zbrojenia w betonie.

Produkty azbestowo-cementowe w gotowej formie, po stwardnieniu, nie stanowią same problemów zdrowotnych i nie zanieczyszczają środowiska, gdyż włókna są związane w matrycy cementowej, aż do jego pocięcia. Natomiast, w trakcie wytwarzania produktów azbestowo-cementowych fabrykach często występuje pył azbestowy w atmosferze. Może to spowodować znane problemy z oddychaniem, które są wywoływane przez minerały związane z azbestem.

6. Właściwości fizyczne włókien azbestowych

Wytrzymałość na rozciąganie jest najważniejszą i najczęściej wymienianą właściwością włókien azbestowych. Jednak, występują znaczne różnice w podawanych w publikacjach wartościach tych wytrzymałości. Najczęściej znajdowane wartości podano w tablicy 4.

Wytrzymałość na rozciąganie wydaje się zależeć od ciągłych wiązań krzemowo-tlenowych w łańcuchy, w strukturze minerału. W trakcie ogrzewania azbestu początek wykrywalnego rozkładu rozpoczyna się w 500°C. Pomiędzy 200 a 500°C zmniejsza się

5. Asbestos-cement products

Inexpensive to process combined with special chemical and physical properties making it highly durable, has led to the popularity of asbestos-cement in the building industry since the early 20th Century. The Portland cement matrices had bound with the fibres into a hard mass. The cement-fibre combinations have been mechanically and chemically compatible, and also highly durable.

Asbestos-cement products (mainly chrysotile type) have densities in the range 1.6 – 2.0. They are not resistant to thermal shock at above ca. 800°C. The widest use has been in flat sheets, tiles, corrugated sheets for roofing, rainwater pipes and guttering plus pressure pipes capable of working at hydraulic pressures up to around 4 MPa (200 psi). These products have usually contained ca. 10 – 16% mass of asbestos fibres depending on desired characteristics. The main function had been to act as fibrous reinforcement in the cement.

Asbestos-cement products in the hardened, finished state are not normally associated with HSE problems per se, because the fibres are fixed within the cement matrices unless the products are cut up. However, when asbestos-cement has been produced in factories, asbestos dust has often been present in the atmosphere during the manufacture. This could have given rise to the well known respiratory problems associated with asbestos minerals.

6. Physical properties of asbestos fibres

Tensile strength is the most important and most commonly quoted property of asbestos fibres. However, there is considerable diversity in the published values for the tensile strengths of the various fibres. Common values have been given in Table 4.

Tablica 4 / Table 4

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE RÓŻNYCH WŁÓKIEN
TENSILE STRENGTHS

Rodzaj włókien Fibre	Wytrzymałość Common value MPa
Chryzotyl / Chrysotile	31
Amozyt / Amosite	25
Krokydolit / Crocidolite	35
Aktynolit / Actinolite	< 50
Antofillit / Anthophyllite	< 50
Tremolit / Tremolite	< 50

Tensile strengths appear to depend upon continuous and linear silicon-oxygen structures within the mineral structures. Upon heating asbestos, the onset of detectable decomposition begins above 500°C. Between 200 and 500°C the tensile strength diminishes without any chemical changes necessarily taking place.

The concept of asbestos fibres being built up of crystallites both overlapping and end-to-end is consistent with suggestions that

wytrzymałość na rozciąganie, bez jakichkolwiek zmian chemicznych, które mogłyby temu spakowi towarzyszyć.

Koncepcja budowy włókien azbestowych złożonych z zachodzących na siebie lub połączonych końcami krystalitów jest zgodna z sugestią, że włókna zawierają powtarzające się wady, które mogą ewentualnie pochodzić z defektów w strukturze. Podczas gdy duża wytrzymałość na rozciąganie samego azbestu ma duże znaczenie jako zbrojenie materiałów cementowych i z żywic organicznych, jednak efekt zbiorczy jest skomplikowany współdziałaniem włókien z matrycą. Siła wiązania włókien azbestowych z cementem portlandzkim została zmierzona i wynosi ona 0,84 MPa w przypadku krokydolit z Theford w Kanadzie, 3,25 w przypadku krokydolit z Koegas w Afryce Południowej i 3,35 MPa dla amozytu z Penge w Południowej Afryce.

7. Uwagi końcowe

Jest znaczna liczba budynków i konstrukcji na całym świecie, które zbudowano z udziałem azbestu jako integralnej części zastosowanych materiałów, jeszcze przed rozpoznaniem zagrożenia dla zdrowia i bezpieczeństwa. Wiele tych budowli jest do dzisiejszego dnia wykorzystywanych.

Indywidualny nadzór stanowi fundamentalny warunek do poznania rozmiarów tego problemu. Azbest może pozostawać odcięty od otoczenia i wówczas zasługiwać on będzie na ograniczoną kontrolę. Jeżeli tak nie jest to metody jego efektywnego odcięcia od otoczenia aby zabezpieczyć zanieczyszczenie powietrza stanowią mogą rozwiązanie. Zniszczenie konstrukcji pod kontrolą stanowią także ewentualne rozwiązanie.

Wszystkie te zagadnienia wskazują na potrzebę prowadzenia prac badawczych z zastosowaniem nowoczesnych technik eksperymentalnych, a mianowicie rentgenografii i magnetycznego rezonansu jądrowego. Współczesne metody stwarzają większe możliwości poznania biochemicznych i medycznych właściwości tych materiałów i mogą doprowadzić do ich bezpieczniejszego stosowania.

the fibres contain repetitive flaws, which may well arise from imperfections in the structures. Whilst the high tensile strength *per se* of asbestos fibres has played a big part in the reinforcement of cements and organic resins, the full effect has been complicated by the compatibility of the fibres with the matrices. Bond strengths between asbestos fibres and Portland cement have been measured (in kg/cm²) as 8.4 with crocidolite from Thetford (Canada), 32.5 with crocidolite from Koegas (South Africa) and 33.5 with amosite from Penge (South Africa).

7. Concluding remarks

There are vast numbers of buildings and structures throughout the world that have been built, with asbestos as integral to their fabric, prior to the recognition of serious health and safety hazards. Many of these buildings are still in use.

Individual surveys are key to understanding the full extent of the problems. The asbestos may well be sealed and, as such, present only limited current concern. If not, methods of sealing to prevent further air contamination may be an option. Controlled demolition is clearly the most testing scenario.

All the above are in need of up-to-date research using modern instrumental techniques, such as X-ray diffraction, X-ray crystallography and nuclear magnetic resonance (NMR). Contemporary methods would offer a greater detail on the biochemical and medical nature of these methods and possibly lead to safer usage.

Literature / References

1. P. N. Sokolov, 'Asbestos Cement Technology' (*in Russian*). Soviet Academy of Sciences, Moscow 1963.
2. A. A. Hodgson, 'Fibrous Silicates'. The Royal Institute of Chemistry Lecture Series, No. 4. RIC, London 1965.
3. F. M. Lea, 'The Chemistry of Cement and Concrete', 3rd Edition. Edward Arnold (Publishers) Ltd, pp. 589-590, London 1970.
4. W. Hinz, 'Silicat Lexikon', pp. 52-53. VEB Akademie Verlag, Berlin 1985.
5. W. A. Deer, R. A. Howie and J. Zussman, 'An Introduction to the Rock-forming Minerals'. Longman, Harlow 1992.
6. National Union of Teachers, 'NUT Health & Safety Briefing', pp 13, February 2007.
7. National Union of Teachers: 'Asbestos Checklist – Update', pp. 3, June 2008.