

# STUDIA GEOFIZYCZNE na wyższych uczelniach górniczych za granicą i w Polsce



Fot. Henryk Poddębski

Górnicy - Siemianowice

Od czasu wojny światowej dało się zauważyć duże zainteresowanie się geofizycznymi metodami poszukiwawczymi dla celów praktycznej geologii i górnictwa. Metody te będące zastosowaniem fizycznych pomiarów do zbadania górnej części skorupy ziemskiej, pozwalają szybciej i sprawniej aniżeli stosowane dotąd metody geologiczne, wykryć pewne złoża lub struktury geologiczne, względnie żmudne wiercenia poszukiwawcze. W połączeniu z obserwacjami geologicznymi ułatwiają one w znacznym stopniu i przyspieszają prace poszukiwawcze na nowych terenach, a równocześnie zmniejszają ryzyko kosztownych i długotrwałych ćwiczeń eksploracyjnych.

Nic też dziwnego, że na metody te zwrócono ostatnio baczną uwagę, włączając je na stałe do programu prac poszukiwawczych instytutów i placówek geologicznych, zajmujących się poszukiwaniami górniczo-geologicznymi. Metody geofizyczne rozwijają się bardzo silnie w ostatnich kilku latach, wyrastając na osobną szeroko już rozbudowaną gałąź wiedzy, sprzężoną bezpośrednio z górnictwem i geologią. Uczelnie górnicze za granicą, a w pierwszym rzędzie w Niemczech i Stanach Zjednoczonych włączyły od dawna wykłady z geofizyki stosowanej do stałego programu studiów. Wykłady takie obejmują zwykle następujące działy:

- a) Teoretyczne podstawy metod geofizycznych
- b) Teoria instrumentów pomiarowych.
- c) Interpretacja wyników badań polowych

- d) Zastosowanie metod geofizycznych w geologii ekonomicznej i w górnictwie.

Dla przykładu przytoczymy program kursów z geofizyki stosowanej na Wydziale górniczym Politechniki w Berlinie. Jako obowiązkowe dla studentów III i IV roku studiów, są przeznaczone następujące wykłady:

- a) Geofizyka stosowana dla górników i geologów (I i II) dwie godziny tygodniowo przez 2 semestry.
- b) Konwersatorium geofizyczne, 2 godziny przez dwa semestry, co drugi tydzień, na których omawia się wyniki prac geofizycznych w Niemczech i za granicą, przy współudziale geofizyków, profesorów itd.
- c) Polowe ćwiczenia geofizyczne w półroczu letnim jako uzupełnienie wykładów.

Ponadto dla pragnących się specjalizować w geofizyce, jak również dla studentów z Wydziału mierniczego są włączone jeszcze wykłady z geofizyki ogólnej obejmującej fizykę globu ziemskiego jako całości.

Na akademiach górniczych we Freibergu i Clausthalu są wprowadzone od szeregu lat wykłady z geofizyki stosowanej dla III i IV roku studiów po dwie godziny tygodniowo w półroczu zimowym, a natomiast w półroczu letnim są ćwiczenia laboratoryjne oraz terenowe, uzupełniane wycieczkami do terenów, gdzie odbywają się badania polowe.

We Francji Akademia górnicza w Paryżu (Ecole Nationale Supérieure des Mines) oraz

Wyższa Uczelnia Naftowa w Strassbourg (Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Combustibles Liquides) prowadziły od wielu lat obowiązkowe wykłady z geofizyki stosowanej. Ponadto instytuty fizyczne i geofizyczne na wielu uniwersytetach zarówno we Francji jak i w Niemczech zajmują się wybranymi działami metod geofizyki stosowanej.

W Ameryce najlepiej postawiono studia geofizyczne na Akademii Górniczej w Golden, Colorado. Stworzono tu osobny wydział geofizyczny, mający za zadanie specjalizację we wszystkich metodach poszukiwawczych geofizyki stosowanej. Kursy ogólne, obejmujące przegląd podstawowych metod geofizycznych oraz fizykę globu ziemskiego są obowiązkowe dla wszystkich studentów Wydziału górniczego, naftowego i geologicznego. Oprócz tych kursów są osobne wykłady szczegółowe z poszczególnych metod geofizycznych dla specjalizujących się w dziale poszukiwań. Równolegle z kursami specjalnymi są osobne wykłady uzupełniające z zakresu fizyki teoretycznej, analizy wektorialnej i wyższej matematyki wiążące się bezpośrednio z kursami wykładanymi na Wydziale geofizycznym. Całość studiów geofizycznych na tym wydziale obok normalnych studiów górniczych, przewidzianych programem obejmuje dwa pełne lata. Wykłady z geofizyki stosowanej obejmują przeszło 20 godzin tygodniowo w obu semestrach, a w lecie są prowadzone ponadto kilkutygodniowe ćwiczenia terenowe, połączone z samodzielnym wykonywaniem pomiarów różnymi metodami. Podobne wykłady z geofizyki stosowanej jednakowoż w mniejszym zakresie wprowadzone zostały na wielu politechnikach, a poza tym na wszystkich uczelniach górniczych w Ameryce.

W Polsce za inicjatywą prof. geologii stoso-

wanej na Akademii Górniczej w Krakowie inż. Karola Bohdanowicza wprowadzono od roku 1934 po raz pierwszy wykłady z geofizyki stosowanej, obowiązujące studentów IV roku studiów wydziału górniczego na Akademii Górniczej w Krakowie. Wykłady te są prowadzone przy Katedrze Geologii Stosowanej po 2 godziny tygodniowo w półroczu zimowym i letnim. Program wykładów obejmuje podstawy teoretyczne zasadniczych metod geofizycznych, teorię instrumentów pomiarowych, interpretację wyników zdjęć polowych oraz problemy zastosowania poszczególnych metod do różnych zagadnień w geologii praktycznej i w górnictwie. Ponadto dla zainteresowanych są wyznaczone nadobowiązkowe wykłady z wybranych działów metod magnetycznych, elektrycznych i sejsmicznych, jako uzupełnienie ogólnego przeglądu metod geofizycznych poszukiwawczych. W półroczu letnim urządzane są zwykle przy współudziale Naukowego Koła Górników wycieczki w teren, na których studenci mają sposobność zapoznać się z praktycznym sposobem przeprowadzania badań geofizycznych. Wycieczki takie odbyły się w ciągu ostatnich kilku lat do Niedźwiedziej Góry, gdzie wykonane były pomiary magnetyczne, oraz do Siewierza, gdzie zademonstrowane były pomiary elektryczne, polaryzacyjne i oporowe.

Wobec wielkiego zainteresowania się czynników państwowych sprawami surowców w Polsce oraz wobec rozpoczęcia wielkiej akcji poszukiwawczej na terenie całej Rzeczypospolitej Polskiej przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie, kwestia wykształcenia kadry inżynierów geofizyków mogących podjąć się wykonania prac terenowych staje się dziś szczególnie ważną i aktualną.

Dr inż. Zygmunt Miterca

## Wpływ rys mechanicznych na pęknięcia przy hartowaniu skorup ze stali pociskowej

### Część teoretyczna.

W licznych dotychczasowych badaniach nad pęknięciami w stalach hartowanych (prace Portewin'a, Buchholz'a, Scheill'a, French'a) nie badano wpływu rys mechanicznych, które w czasie obróbki przedmiotu hartowanego powstają, na pęknięcia hartownicze.

W pracy Scheill'a p. t. „Powstawanie pęknięć w czasie obróbki termicznej” (Archiw. A. d. Eisenhuttenwesen 7, 1935), str. 309) spotykamy się po raz pierwszy z zagadnieniem wpływu rys mechanicznych na pęknięcia hartownicze.

Nie przeprowadził on żadnych w tym kierunku badań, ale twierdzi, że ślad noża tokarni może

być przyczyną wytworzenia się drobnych pęknięć hartowniczych, jak również, że rysy na przedmiotach hartowanych a poprzednio szlifowanych są wynikiem uszkodzeń powierzchni podczas szlifowania.

Zagadnienie to jest całkiem nowe, i badania niniejsze miały na celu poznanie i wyjaśnienie wpływu rys mechanicznych na pęknięcia hartownicze stali pociskowej.

Badano stal „półtwardą”, z głębokością rys mechanicznych: od 0,1—1,0 mm czyli taką jaką w najgorszym wypadku może powstać przy produkcji skorup.

Podczas obróbki termicznej przedmiotów stalowych, powstają w nich naprężenia prowadzące do odkształceń, rys czy też pęknięć. Napre-

## Wrząca stal - Huta Pokój

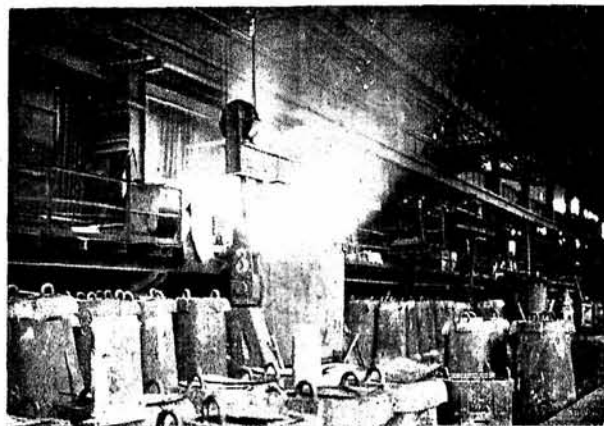
Fot. J. Bulhak

zenia te są dwójakiego rodzaju a mianowicie: 1) termiczne, 2) strukturalne. Pierwsze powstają na skutek różnicy temperatur rdzenia i zewnętrznej powłoki, drugie spowodowane są zmianą objętości właściwej stali podczas przemiany alotropowej.

Najbardziej znanym zjawiskiem, wywołanym na skutek działania naprężeń wewnętrznych, jest pękanie materiału. Okazuje się przy tym, że charakter pęknięcia odpowiada wg. Scheill'a zwykle charakterowi pęknięcia materiału kruchego, pomimo tego, że materiał pod względem udurowienia i wytrzymałości wykazuje dużą ciągliwość.

Pęknięcia naogół przebiegają prostopadle do kierunku największych naprężeń i tak, aby spowodować jak najwydatniejsze ich obniżenie. W materiale pęknięcie przebiega przez ziarna jak też i przez granice ziarn, postać jego jest zygawkowata. Cechą charakterystyczną pęknięcia hartowniczego jest to, że jest wolne od tlenków żelaza, co go odróżnia od pęknięcia powstałego skutkiem walcowania, nagrzewania do hartowania itd.

W przehartowanych stalach narzędziowych można z reguły obserwować pęknięcia, które wychodzą z powierzchni i dopiero w głębi się rozgałęziają, przy czym szerokość rysy w miarę głębokości maleje. Przy chłodzeniu tych stali okazuje



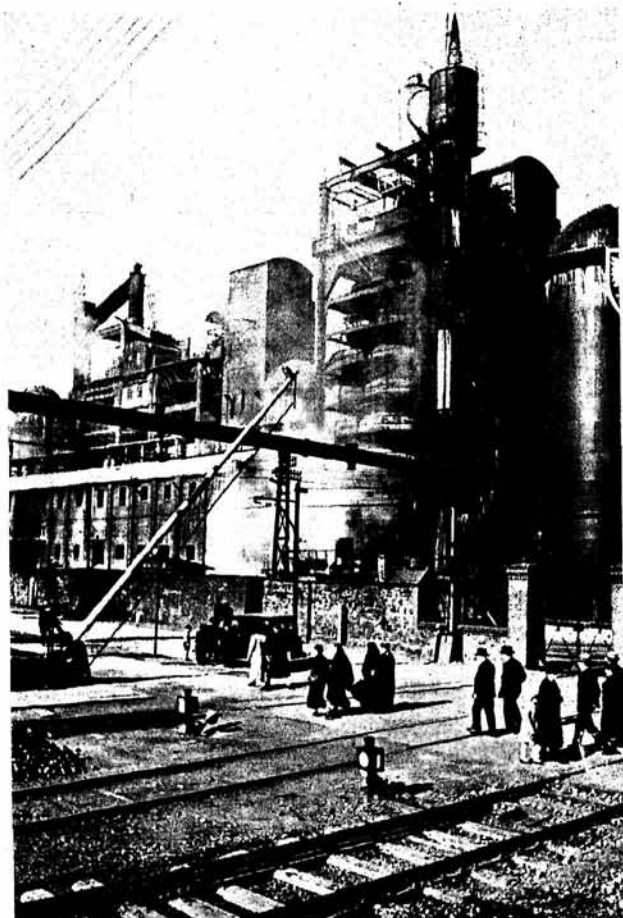
się, że naprężenia rozciągające występują na brzegu w dwóch zakresach temperatur, mianowicie na początku i na końcu chłodzenia. Skutkiem tego temperatura, w której pęknięcie zachodzi, nie jest określona jednoznacznie.

Spostrzeżono poza tym, że w większości wypadków (Portewin, Honda, Scott, Buchholz, Büller, Scheill) pęknięcie następuje w jakiś czas po hartowaniu. Portewin w swojej pracy nad pęknięciami, zwrócił uwagę na bardzo ważny fakt a mianowicie, że pęknięcia pozostają w ścisłym związku z twardością materiału i niejednorodność hartowania, wywołująca powstawanie takich obszarów różnej twardości, sprzyja powstawaniu pęknięć hartowniczych. Podaje on ponadto następujące uwagi: jeżeli pęknięcie jest koliste, to obszar najmniej zahartowany jest położony we wklęsłości tego łuku. Jeżeli pęknięcie znajduje się mniej więcej w płaszczyźnie prostopadłej do osi granatu, to odchyłki twardości zaznaczają się między obszarem tylnym granatu a ostrołukiem. Badania ostatnie w zupełności potwierdziły wnioski Portewina, jak również wyjaśniły je z punktu widzenia strukturalnego. Miejsca bowiem o różnych twardościach mogą posiadać różną strukturę, co pociąga za sobą różny współczynnik rozszerzalności cieplnej, jak też i różny współczynnik skurczu. Budowa „warstwowa“, której wpływ na pęknięcia jest znany, też ujawnia te właściwości.

Naprężenia rysy hartowniczej (wg. Scheill'a) są znacznie wyższe na końcu, niż na jej początku, przy czym są one wprost proporcjonalne do ostrości karbu. Obrazowo to zjawisko można porównać z działaniem klina pod wpływem działającej siły.

Gdy na dnie karbu istnieje możliwość plastycznego odkształcenia, wówczas naprężenia a wraz z nimi niebezpieczeństwo pęknięć, obniżają się. Na tej podstawie miejsca wadliwe nie pękają w wyższych temperaturach, czyli możemy twierdzić, że wyższe temperatury powodują zaokrąglanie się karbu, (odkształcenie) i usuwają niebezpieczeństwo pęknięć.

W niższych temperaturach, w których mate-



Fot. Henryk Poddębński

Nowy Bytom - Huta Pokój



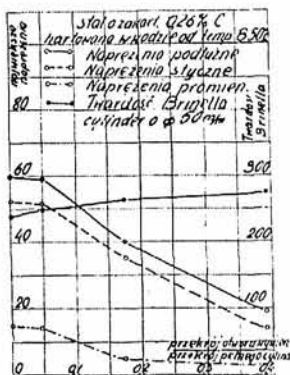
riał jest mało plastyczny, zaokrąglenie karbu może nie nastąpić (wysoka granica plastyczności) i skutkiem tego niebezpieczeństwo pęknięć wzrasta.

Scheill stwierdził, iż tworzenie się rys hartowniczych zachodzi przy naprężeniach o wiele niższych niż „wytrzymałość na rozdzielenie” (największa wytrzymałość na rozerwanie, jaką materiał może wytrzymać). Polega to, przypuszczać należy, na tym, że w czasie pogłębiania się rysy hartowniczej zachodzą nieprzewidziane zmiany stanu naprężeń, których doświadczalnie nie da się zbadać, a które wywołują ten specyficzny jej kształt i mechanizm jej biegu w materiale. W miarę postępowania rysy w głąb materiału zachodzą zjawiska ułatwiające i wstrzymujące dalsze pęknięcie. Odbywa się to w różnych stadiach, na początku rysa rośnie prędko, następnie nie zmienia się w sposób widoczny, później znówu wzrasta o pewną długość. Rozgałęzienia tworzą się nie natychmiast ale po pewnym czasie przy dalszym pogłębianiu się rysy. Taki jest mniej więcej charakter tworzenia się rysy hartowniczej, podany przez Scheill'a. Podaje on ponadto, iż rysa hartownicza bierze swój początek w miejscu o najmniejszej wytrzymałości, to znaczy w „miejscu wadliwym”. Jak powstaje „miejscie wadliwe” prowadzące do wytworzenia się rysy hartowniczej, na to wg. Scheill'a, do dziś dnia nauka nie znalazła odpowiedzi.

### Wpływ otworu wewnętrznego w tulejach hartowanych.

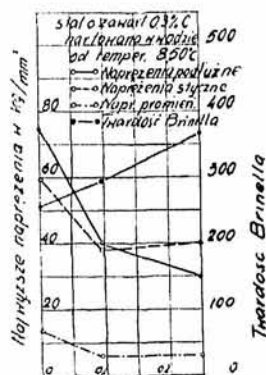
Naprężenia przedmiotu hartowanego pełnego a cylindrycznego są zupełnie różne. Dokładne badania w tym kierunku przeprowadzili Buchholz i Büller.

Wykazali oni, że ze wzrastającą średnicą wewnętrzną i wzrastającą twardością naprężenia maleją, natomiast pełny cylinder wykazuje



Rys. 1.

wzrost naprężeń. Dokładny obraz tej zależności daje nam wykres — rys. 1. dla stali o zawartości 0,26% węgla i wykres — rys. 2. dla stali o zawartości 0,30% węgla (według pracy inż. Korszuna). Z zakresu widzimy, że ze wzrastającą średnicą wewnętrzną i ze wzrastającą twardością



Rys. 2.

naprężenie maleje, natomiast pełny cylinder ze stali o zawartości 0,30% węgla wykazuje nieznaczny wzrost naprężeń. Ciekawe przy tym można zaobserwować zjawisko, że stal o zawartości 0,26% węgla wykazuje ze wzrostem otworu wewnętrznego spadek naprężeń termicznych tak podłużnych, jak stycznych i promieniowych, natomiast stal o zawartości 0,30% węgla wykazuje wzrost naprężeń tylko stycznych, pozostałe zaś maleją.

Ogólnie stwierdzono, że maleją naprężenia termiczne ze wzrostem otworu wewnętrznego. Ponieważ ze wzrostem otworu wewnętrznego zmienia się przechartowanie, przesuwają się także i zakres hartowania powierzchniowego ku innym wartościom węgla, skutkiem tego ze wzrastającym przechartowaniem rośnie wpływ otworu wewnętrznego zmniejszający naprężenia. Naprężenia strukturalne skutkiem wzrostu otworu wewnętrznego maleją i wpływ ich na całokształt naprężeń jest minimalny.

Zjawiska wyżej podane polegają, jeśli chodzi o naprężenia termiczne, na mniejszych różnicach temperatur rdzenia i powierzchni zewnętrznej w przedmiotach cylindrycznych skutkiem mniejszej grubości, jak również na większej intensywności hartowania, wynikłej z szybkiego odprowadzania ciepła z całego przedmiotu, co pociąga za sobą wyrównanie temperatury w całej masie przedmiotu i krótszy czas trwania działania naprężeń.

Jak stąd wynika, kształt tulei jest, można powiedzieć, idealny, jeśli chodzi o przedmiot, który ma być hartowany. Naprężenia bowiem wewnętrzne wytwarzające się podczas hartowania osiągają wartości bezpieczne i niezbyt duże.

### Badania własne.

Dokładne opracowanie metody badań tego zagadnienia nasuwało duże trudności ze względu na to, aby w czasie przeprowadzania doświadczeń uniknąć wpływu całego szeregu czynników, powodujących pęknięcia hartownicze, a mogących spowodować wysnucie całkiem fałszywych wniosków, jak również uniemożliwić w pewnych przypadkach przeprowadzenie doświadczenia.

Wiadomą jest rzeczą, że mamy cały szereg czynników wpływających na pęknięcia hartownicze. Możemy je podzielić na dwie grupy: 1) materiałowe, 2) obróbki termicznej.

Czynnikami pierwszej grupy będą: a) likwacja, b) nieodpowiedni skład chemiczny, c) budowa warstwowa, d) zażużlenie, e) anormalność stali, f) zbyt duża wielkość ziarna, g) dyferencja wielkości ziarn, itd.

Drugą grupę tworzy: a) temperatura grzania przed hartowaniem, b) czas grzania, c) temperatura hartowania, e) temperatura cieczy chłodzącej, f) rodzaj cieczy chłodzącej, g) ilość wody przepływająca w litrach na sekundę, h) stosunek wody zewnętrznej do wewnętrznej w aparacie hartowniczym, i) wpływ zenidry, j) długość czasu hartowania, itd.

Widzimy z tego zestawienia, jak ogromna jest ilość czynników wpływających na pękanie stali. Otóż w czasie przeprowadzania badań trzeba było zachować stałość tych czynników, aby wyeliminować ich wpływ na przebieg doświadczenia nad zagadnieniem wpływu rys mechanicznych na pęknięcia hartownicze. To były wytyczne przy opracowaniu planu badań.

Próby i badania wykonywano na skorupach oraz na próbkach wycinanych z części cylindrycznej skorupy. Kierunki nacinanych rys były następujące: podłużne, poprzeczne, spiralne i nachylone pod kątem  $45^\circ$  do tworzących pocisku o zmiennej głębokości, wahającej się od 0,1 mm do 1,0 mm i w ilości od 1—4 rys.

Badano pięć gatunków stali pociskowej półtwardej o nast. składzie chemicznym:

Stal	% C	% Mn	% Cr	% C + $\frac{\text{Mn}}{5}$	P + S
A	0,36	0,57	0,08	0,47	—
B	0,40	0,70	0,13	0,54	—
C	0,41	0,69	0,20	0,55	—
D	0,35	0,58	0,04	0,47	0,018
E	0,36	0,66	0,06	0,49	0,034

Stale oznaczone znakiem A, B, C, były to stale normalne, stal D posiadała jamę usadową, zaś próbki ze stali E tłoczono z podsypką siarki.

Próbki były wycinane z brakowych kielichów po trzy z jednej skorupy, przy czym na jednej części próbek wnętrza były staczane do głębokości 2—5 mm, na drugiej zaś nie były staczane.

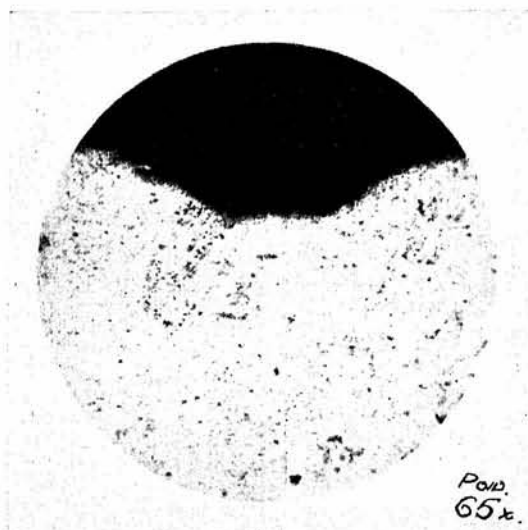
Ponieważ część pocisku w miejscu cylindrycznego jego kształtu jest miejscem, gdzie najczęściej możemy obserwować tworzenie się pęknięć, dlatego tylko z tej części próbki były wycinane. Rysy wykonywano frezem lub nożem tokarskim. Kształt rysy po trzykrotnym hartowaniu w powiększeniu 65-ciokrotnym przedstawia rysunek 3. Kształt rysy przed hartowaniem w powiększeniu tym samym przedstawia rysunek 4. Głębokość rysy w obu wypadkach wynosiła 0,1 mm, szerokość rys wynosiła około 0,5.

### Hartowanie próbek.

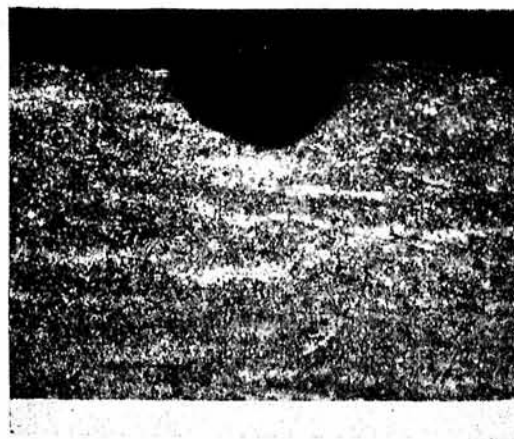
Próbki hartowano według dwóch metod: I) wielokrotnego hartowania (Maurer'a i Haupe'a). Polega ona na kilkakrotnym hartowaniu próbki aż do uzyskania pęknięć. Opiera się ona na wykresie rys. 5 (wg. pracy Scheilla) ilustrującym zależność procentową ilości próbek pękniętych od ilości hartowań i temperatury hartowania. Z wykresów wynika, że prawdopodobieństwo pęknięć rośnie z ilością hartowań. II) Potrójnego hartowania z trawieniem  $\text{H}_2\text{SO}_4$  po każdym hartowaniu przy maksymalnej ilości wody w aparacie hartowniczym (wg. pracy inż. Nizińskiego).

Przy tej metodzie zwrócono uwagę na zasadniczy wpływ, jaki wywiera na pęknięcia wody przepływającej w aparacie hartowniczym. Wpływ ten uwidocznia nam wykres na rys. 6, (wg. inż. Nizińskiego) wskazujący zależność ilo-

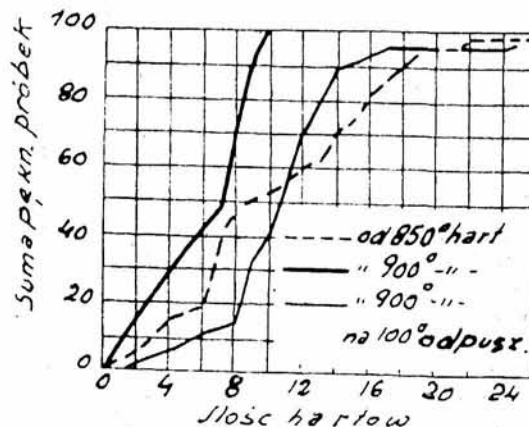
ści próbek pękniętych od ilości wody w aparacie hartowniczym. Przy ilości wody  $Q = 18,8$  l/sek uzyskał on 100% pęknięć.



Rys. 3.



Rys. 4.



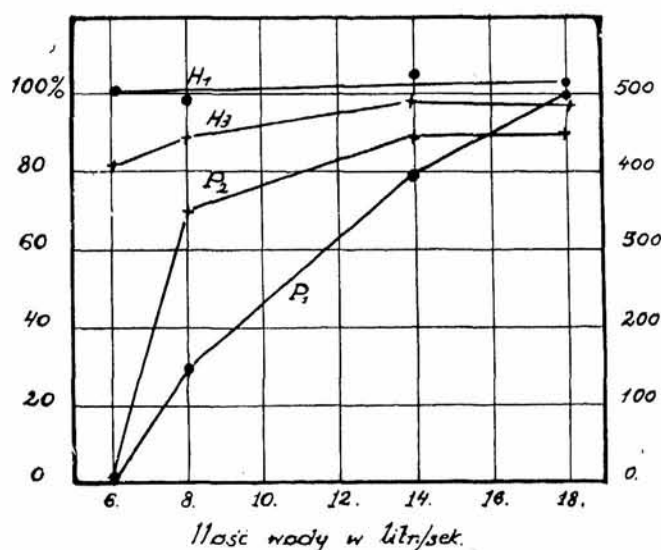
Rys. 5.

Wzrost ilości próbek pękniętych przy hartowaniu wielokrotnym w różnych warunkach.

Korzystając z tych doświadczeń ułożono nast. metodę pracy: I) hartowanie, II) trawienie przez 30 minut w 10% roztworze kwasu siarkowego, III) drugie hartowanie, IV) trzecie hartowanie.

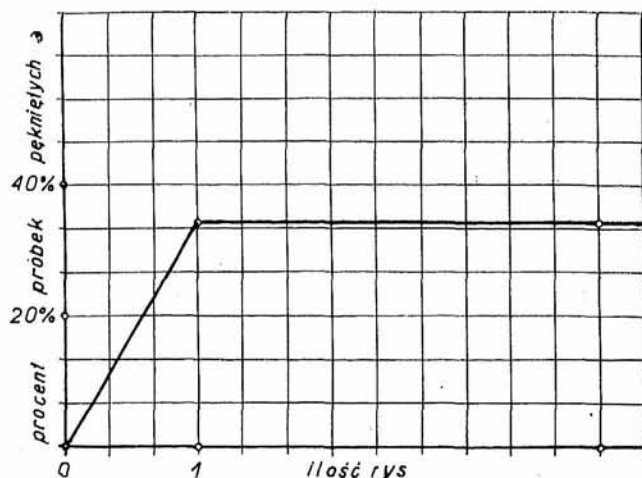
### Wyniki badań.

Jako pierwszą badano stal A, (o składzie podanym wyżej), wszystkie próbki, miały wewnątrz staczane. Stosowano dwie różne metody hartowania. Badania przeprowadzone na 100 próbkach nie ujawniły żadnego wyraźnego wpływu rys mechanicznych na pęknięcia hartownicze. Na żadnej próbce nie uzyskano rys hartowniczych ani pęknięć, dało się zauważyć tylko to, iż w dalszych hartowaniach próbki słabiej się hartują, osiągając coraz to mniejsze wartości twardości na powierzchni. Wynika to najprawdopodobniej



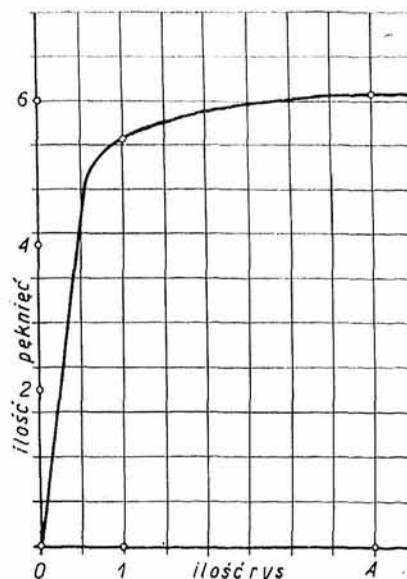
Rys. 6.

Zależność procentowa ilości próbek pękniętych i twardości od ilości wody.  
 $P_1$  i  $P_2$  — procent pękniętych próbek  
 $H_1$  i  $H_2$  — twardość w jednostkach Brinell'a na powierzchni zewnętrznej próbki.



Rys. 7.

Zależność ilości próbek pękniętych od ilości rys nachylonych pod kątem  $45^\circ$  dla stali „B”.



Rys. 8.

Zależność ilości pęknięć na próbkach, od ilości rys nachylonych pod kątem  $45^\circ$  dla stali „B”.

z coraz silniejszego zendrowania próbek, co powoduje utrudnienie odpływu ciepła z próbki, poza tym gromadząca się para na powierzchni zendrowanej powoduje łagodniejsze hartowanie.

Podobnie, badania przeprowadzane nad stalą B na 50 próbkach również nie wykazały żadnych pęknięć ani rys.

Przyczyną braku pęknięć w tych dwóch wypadkach może być specjalnie dobry gatunek stali bez likwatorów i budowy warstwowej, co też zresztą potwierdziło się w produkcji. Stal A jak i stal B nie wykazała żadnych braków produkcyjnych na pęknięcia hartownicze. Ponieważ staczanie wnętrza próbek powodowało usunięcie warstwy zawierającej resztki jamy usadowej jak też i najbardziej utlenionej i szkodliwej, jak również powiększenie otworu wewnętrznego próbki, którego wpływ na naprężenia jest znany — uważano za wskazane przeprowadzenie nowej serii badań na próbkach bez zdzieranego wnętrza. Skomplikował jednak doświadczenie fakt eliptycznego kształtu wnętrza pocisku, powodujący to, iż każda próbka miała inną grubość ścianki. Rozwiązano tę trudność w ten sposób, że z jednej skorupy były wycinane próbki o tych samych rysach co do głębokości, kierunku i ilości. Samo zagadnienie rozszerzono o tyle, że w dalszych doświadczeniach, zbadano które miejsca skorupy są skłonniejsze do tworzenia się pęknięć.

Podobnie jak w poprzednim wypadku stal B nie dała żadnych rys ani pęknięć. Próbki zaś wycięte z cylindrów ze stali D, pomimo tego, iż wykazywały liczne wady powierzchni wnętrza skorupy, jak to: języki, zadziory, wgłębienia itp. nie wykazały również pęknięć.

Ponieważ kierunki stosowanych dotychczasowo rys w stalach o mniejszej lub większej zawartości składników stopowych nie ujawniły jakiegokolwiek wpływu na tworzenie się pęknięć hartowniczych, dalsze badania przeprowadzono na



próbkach o rysach nachylonych pod kątem  $45^\circ$  (dawało to w efekcie spiralę o bardzo dużym skoku).

Jako pierwszą badano stal *B*. Okazało się, że na 19 próbek 14 wykazuje ryski i pęknięcia, co stanowi 72%. Ponieważ warunki obróbki termicznej jak też i inne czynniki były identyczne jak w poprzednich badaniach, szukać trzeba przyczyny pęknięć w rysach nachylonych pod kątem  $45^\circ$ . Zauważono, że o ile ilość pękniętych próbek nie zależy w tym wypadku od ilości rys, jak to wskazuje wykres rys. 7, to ilość pęknięć od ilości rys zależy, i obraz tej zależności podaje nam wykres rys. 8.

A więc możemy twierdzić, że w wypadku stali *B* rysy nachylone pod kątem  $45^\circ$  wpływają na powstawanie pęknięć, przy czym ilość tworzących się pęknięć zależy od ilości rys mechanicznych, naciętych wewnątrz skrupy. Zauważono, że pęknięcia tworzą się nie na rysach mechanicznych, lecz zawsze obok lub między rysami. Pęknięcie znajdowało się zawsze po stronie wewnętrznej cylindra, głębokość jego wahała się w granicach od 0,5 do 4 mm. Kierunek pęknięcia był zawsze podłużny t. zn. równoległy do tworzących cylindra.

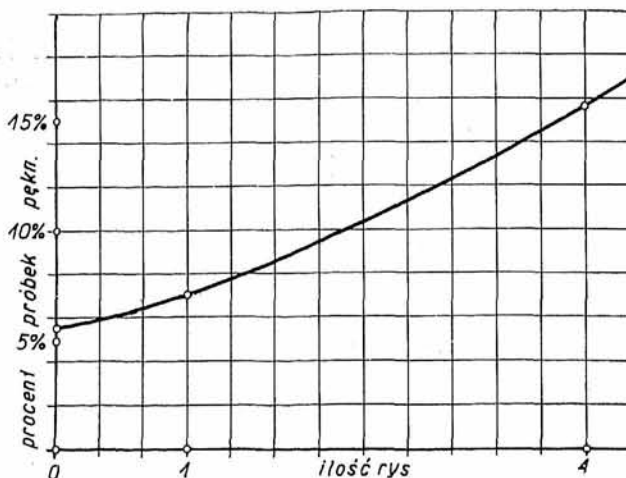
Stal *C* o rysach identycznych co i stal *B* wykazała na 70 hartowanych próbek 11 pękniętych, co czyni 15%. Na 11 próbkach zaobserwowano 223 pęknięć, co czyni 20,2 pęknięć na próbkę średnio. Wyniki te osiągnięto przy czterech rysach o głębokościach zmiennych, nachylonych pod kątem  $45^\circ$ . Przy jednej rysie nachylonej pod kątem  $45^\circ$ , na 70 hartowanych próbek, 6 wykazało pęknięcia. Na sześciu próbkach zaobserwowano 61 pęknięć, co wynosi średnio 10 pęknięć na próbkę. Na próbkach bez rys na 70 hartowanych próbek cztery wykazały pęknięcia, przy czym suma pęknięć wynosiła 13, co wynosi średnio 3,2 pęknięć na próbkę.

Podobnie więc jak w wypadku stali *B* tak też i tutaj uwidocznił się wpływ rysy mechanicznej na pęknięcia. Obrazuje nam go wykres rys. 9. podający zależność ilości próbek pękniętych od ilości rys, z którego wynika, że im większa jest ilość rys tym ilość próbek pękniętych wzrasta. Drugi wykres na rys. 10. podaje nam zależność ilości powstałych pęknięć od ilości rys. I tutaj rysy mechaniczne powodują wzrost ilości pęknięć, gdy ilość rys wzrasta.

Jak wynika z powyższego, rysy nachylone pod kątem  $45^\circ$  wpływają na powstawanie pęknięć w stali o składzie chemicznym: 0,40% węgla, 0,69% manganu i ilości chromu 0,20% i 0,13%.

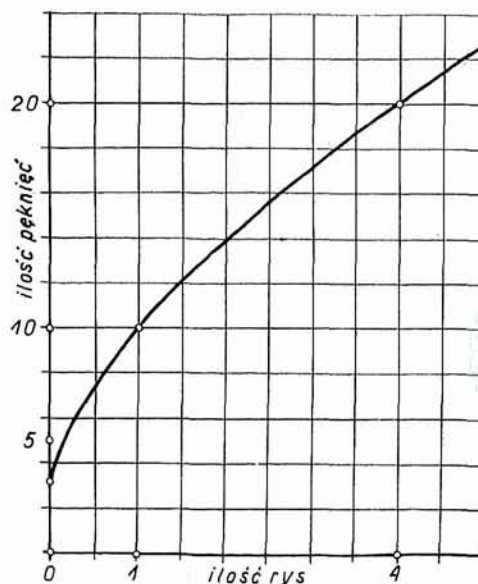
Należy zaznaczyć, że pękanie próbek w danych warunkach bardzo intensywnego hartowania uzyskano li tylko w wypadku stali *C* i *B*, których zawartości procentowe były:  $C + Mn/5 = 0,52\%$ ;  $Cr = 0,10\%$ .

Wyniki dotychczasowe potwierdzają to w zupełności, okazuje się poza tym, że ten czynnik jest decydującym, jeśli chodzi o wpływ na pękanie w czasie hartowania. Rysy podłużne i poprzeczne nie wywierają żadnego wyraźnego



Rys. 9.

Zależność ilości próbek pękniętych od ilości rys nachylonych pod kątem  $45^\circ$  dla stali „C”.



Rys. 10.

Zależność ilości pęknięć na próbkach od ilości rys nachylonych pod kątem  $45^\circ$  dla stali „C”.

wplywu na pękanie w czasie hartowania. Uwidocznił się on jedynie i wyłącznie tylko przy rysach nachylonych pod kątem  $45^\circ$  do tworzących cylindra. Głębokość rysy przy badaniach nie odgrywała przy tym żadnej roli. Makrofotografie pękniętych próbek przedstawia rys. 11. Jak wynika z fotografii próbek pękniętych, pęknięcie ma charakter podłużny przy rysach nachylonych pod kątem  $45^\circ$ . Celem wyjaśnienia tego interesującego faktu, zwrócono uwagę na pewne zjawiska, które zachodzą w czasie ściskania czy też rozciągania. Jeżeli kostkę wyciętą z jakiegoś materiału twardego będziemy poddawali działaniu sił ściskających, to po przekroczeniu pewnej granicznej wartości próbka pęknie, przy czym pęknięcie przebiegać będzie pod kątem  $45^\circ$  w stosunku do kierunku siły ściskającej.

Podobne zjawisko obserwowaliśmy w wyjątkowych wypadkach w łuskach mosiężnych. Skutkiem przekroczenia granicy wytrzymałości mate-

riał łuski wypływa, tworzy karb o ścianach nachylonych do kierunku naprężeń pod kątem  $45^\circ$  (rys. 12). Wiadomo również, że przy rozciąganiu, płaszczyzny, w których występują pierwsze trwałe przesunięcia materiału, tworzą zawsze kąt  $45^\circ$  z kierunkiem największego wydłużenia tj. kierunku działania sił. (Inż. I. F. Czopiński, Metaloznawstwo, tom I. str. 143).

Z wyżej przytoczonych uwag wynika, że kierunek pęknięcia przy rysach nachylonych pod kątem  $45^\circ$  znajduje analogię z faktami dawniej poznanymi i przyjętymi przez naukę.

### Badania na pociskach.

Dla stwierdzenia, czy wyniki, jakie zostały otrzymane na próbkach, są zgodne z wynikami otrzymanymi na całych skorupach, przeprowadzono badania na całych skorupach ze stali wadliwej *D*, przy czym bloczki, z których tłoczono skorupy posiadały jamę usadową, zaś skorupy po wytłoczeniu posiadały liczne wady materiałowe jak języki, raczki, zażuzlenia itp. Skorupy zaś ze stali *E* tłoczono z podsypką siarki. Rysy nacięto następujące: jedna rysa podłużna, cztery rysy podłużne, spirala o kącie nachylenia  $45^\circ$ . Głębokość naciętych rys wynosiła 0,25 mm i 1 mm. Skorupy w czasie nagrzewania były zakorkowane celem ochrony wnętrza przed zazendrowaniem w czasie nagrzewania, które odbywało się w piecu Hermansen'a przez 1 godzinę i 30 min. Skorupy przed hartowaniem oskrobywano z zendry i następnie hartowano w aparacie hartowniczym o przepływie wody całkowitej  $Q_c = 22,2$  l/sek i temperaturze  $35^\circ\text{C}$ , podczas gdy zwykle używana ilość przepływającej w aparacie hartowniczym wody wynosi średnio 8,8 l/sek. Po pierwszym zahartowaniu skorupy trawiono przez 30 minut w 10% roztworze wodnym kwasu siarkowego, następnie hartowano poraz drugi i trzeci w tych samych warunkach, pomijając tylko trawienie w kwasie siarkowym.

W wyniku doświadczenia nie otrzymaliśmy żadnych pęknięć. Próby wykonano na 14 skorupach stali *D* i 14 skorupach stali *E*. Badania te potwierdziły doświadczenia poprzednie, przeprowadzone na próbkach. Dlatego możemy twierdzić,



Rys. 12.

że pęknięcia stali pociskowej półtwardej spowodowane są w głównej mierze przez nieodpowiedni skład chemiczny stali, przy ustalonych warunkach hartowania dla normalnej stali i gdy zawartość  $C+Mn/5$  jest większą od 0,52% a zawartość  $Cr$  przekracza 0,1%. Jedynie w stalach o wyżej wspomnianym składzie, zaznacza się wpływ rys mechanicznych o kierunku nachylonym do tworzących cylindra pod kątem  $45^\circ$ .

### Wnioski.

Opierając się na wynikach można twierdzić:

1) Rysy mechaniczne podłużne i poprzeczne o głębokościach zmiennych, wahających się od 0,1 mm do 1 mm w stali „półtwardej“ pociskowej, normalnej, nie wywołują pęknięć hartowniczych mimo intensywnego hartowania.

2) Rysy mechaniczne nachylone do tworzących pocisku pod kątem  $45^\circ$  ułatwiają powstawanie pęknięć hartowniczych, przy czym ilość pęknięć jest zależna od ilości rys, nie zależy natomiast od ich głębokości. Odnosi się to tylko do stali normalnej „półtwardej“ o zawartości składników stopowych:  $C+Mn/5$  większej od 0,52%,  $Cr$  większej od 0,1%.

3) Rysy mechaniczne nie są źródłem powstawania pęknięcia, czyli nie możemy rysy mechaniczne uważać jako „miejsce wadliwe“ dla powstawania pęknięć hartowniczych.

4) Główniejszym czynnikiem, wywołującym pęknięcia hartownicze stali jest jej skład chemiczny. Stal półtwarda o zawartości składników stopowych:  $C+Mn/5$  większej od 0,52% i  $Cr$  większej od 0,1% jest już niebezpieczną i wrażliwą na obecność rys mechanicznych wywołujących pęknięcia hartownicze.

5) W stali „normalnej“ posiadającej resztki jamy usadowej jak też i inne wady materiałowe



Rys. 11.



we (języczki, zadziory, raczki, itd.) lecz o składzie chemicznym takim, że suma składników stopowych  $C+Mn/5$  była mniejsza od wartości 0,52% a zawartość Cr mniejsza od 0,1%, rysy mechaniczne nie powodowały pęknięć hartowniczych. (Wniosek tylko na podstawie prób jednego wytopu próbek 55 szt. skorup 14).

6) Nie zauważono w czasie badań wrażliwości poszczególnych części skorup na pęknięcia przy obecności rys mechanicznych na próbkach wycinanych z całego pocisku.

Inż. M. Tyszek-A. Ackermann stud. A. G

## L I T E R

- 1) M. Albert Portewin: artykuł w „Revue de Metallurgie“ Nr 5. 922 r.
- 2) French: „Studium hartowania stali“ (Przegl. Techn. Nr 10. 931 r.
- 3) Buchholz i Büller: „O naprężeniach w tulejach hartowanych“.
- 4) Scheill: „Powstawanie pęknięć w czasie obróbki termicznej“ Archw. A. d. Eisenhüttenwesen 7 (1935) str. 309.

## A T U R A

- 5) I. Feszczenko-Czopiński: „Metaloznawstwo“ tom II i I.
- 6) Korszun: „Badanie naprężeń wewnętrznych metodą Sachsa w stalach pociskowych“ (praca dyplomowa).
- 7) Z. Niziński: „Wpływ obróbki termicznej na pęknięcia hartownicze skorup“ (praca dyplomowa).

# L A S K A R B O Ń S K I źródło substancji macierzystej pokładów węgla kamiennego

Obszary bagienne epoki karbońskiej, na których tworzyły się dzisiejsze pokłady węgla kamiennego, były po największej części bagnistymi lasami, analogicznymi do torfowisk, z tą różnicą, że roślinami, wytwarzającymi substancję wyjściową dla procesu zwęglania były drzewa. Istniały też prawdopodobnie obszary roślinne, złożone z roślin krzewiastych i zielnych, a pozbawione drzew, za czym przemawia wiele danych, jednak obszary o typie leśnym niewątpliwie dominowały w krajobrazie karbońskim. Wśród tych karbońskich lasów znachodziły się rozliczne zwierciadła wód, w których osiadał się materiał specjalnego rodzaju, składający się z bardzo rozdrobnionych części roślinnych, a zwłaszcza z nieprzeliczonych ilości pływających zarodników; z materiału tego tworzyły się określone części składowe dzisiejszych węgla, zwane obecnie durytami.

Przypatrzmy się trochę bliżej tym leśnym przeważnie bagniskom karbońskim.

Wygląd zewnętrzny lasów karbońskich niewiele przypominał dzisiejsze stosunki. W porównaniu z dzisiejszymi lasami musiały lasy karbońskie przedstawiać obraz bardzo jednostajny, monotony, powtarzający się prawie niezmiennie na nieprzemierzonych obszarach. Przyczyną takiej nużącej jednostajności było występowanie na olbrzymich przestrzeniach ciągle tych samych, nielicznych, typów roślinnych, analogicznie do stosunków na dzisiejszych torfowiskach, a następnie i to, że większość roślin karbońskich odznaczała się bardzo dużą prostotą zewnętrznej postaci. Niewyszukany wygląd prawie nierozgałęzionych pni sigilarii, czy nawet silnie rozczłonkowanych lepi-

dodendronów, a także większości pni kalamitów, w bardzo nieznacznym stopniu mógł zadowolić pod względem estetycznym, tym bardziej, że brakowało wśród ówczesnego świata dzisiejszych, wielobarwnych kwiatów, które tak mile urozmaicają i barwią dzisiejszy świat roślinny. Zaslugującą na podkreślenie cechą lasów karbońskich było ich ubóstwo cienia, ponieważ nie było wśród nich drzew o bogatszej koronie gałęzi i liści; jedynie tylko pojedyncze drzewa paproci, podobne jakby do parasoli, z ich pióropuszcami delikatnie rzeźbionych liści u szczytu kłódninastego pnia, mogły dostarczyć nieco cienia. Jednakże nie należały one do drzew wysokich i grały w lesie karbońskim rolę drugorzędną.

Wśród roślinności karbońskiej nie było jeszcze najwyższych grup dzisiejszego świata roślinnego. Obok istniejących najprawdopodobniej, ale nam prawie nieznanymi, niższych grup, jak np.: glony, dominującą rolę grały rośliny zarodnikowe o wyższej organizacji, oraz rośliny nagonasienne.

W grupie roślin o wyglądzie paproci, obok właściwych paproci zarodnikowych, stanowiących mniejszości, we florze karbońskiej znaczną większość stanowiły rośliny o wyglądzie paproci, rozmnażające się jednak za pomocą nasion (*Pteridospermae*), a więc z grupy nagonasiennych. (Rys. 1).

Z roślin zarodnikowych karbońskich oprócz paproci właściwych (*Filicales*), o bardzo różnorodnej postaci wymienić trzeba przede wszystkim rośliny drzewiaste o korze łuskowej, należące do grupy *Lepidophyta*, które nadawały ton lasom karbońskim przez znaczną swoją wielkość i ma-



sowość występowania. Prócz nich ważną rolę odgrywały rośliny z członkowanymi pniami, wzgl. łodygami, które budową częściowo przypominały dzisiejsze skrzypy, a to drzewiaste kalamity, a następnie rośliny już znacznie mniejsze, dziś wymarłe, noszące nazwę *Sphenophylla*.

Obok tych grup roślin zarodnikowych duże znaczenie w świecie roślinnym epoki karbońskiej miały rozmaite grupy roślin nagonasiennych, o wyglądzie jednak dość znacznie odbiegającym od wyglądu dzisiejszych roślin nagonasiennych. Należały tu wspomniane już wyżej paprocie nasienne, rośliny nie różniące się swym zewnętrznym wyglądem od paproci właściwych, które jednak przez wytworzenie nasion i wysoką organizację anatomiczną pni, wzgl. łodyg wyrastały ponad poziom organizacji roślin zarodnikowych. Te paprocie nasienne tworzyły bądź mniejsze grupy, rozproszone obficie na przestrzeni lasu karbońskiego, bądź nawet zajmowały większe obszary. Rośliny te przez długi czas uchodziły z racji swego zewnętrznego wyglądu za paprocie, a jeszcze i dzisiaj co do niektórych liści nie dało się rozstrzygnąć, czy należały do paproci właściwych, czy też do paproci nasiennych. Przyczyną tego braku naszej wiedzy jest przede wszystkim szczątkowość zachowania się skamielin w materiale skalnym, przy czym delikatne na ogół organy rozmnażania szczególnie rzadko bywają znajdowane w łączności z częściami wegetatywnymi.

Paprocie nasienne były roślinami bądź krzewiastymi bądź częściej drzewiastymi, jednak o wiele mniejszymi od lepidofytów. W typie ulistnienia pni różniły się one prawdopodobnie od paproci właściwych; mianowicie nie miały korony liści w kształcie parasola na wierzchołku pnia, a liście wyrastały z pnia w jego części zarówno dolnej, jak i górnej. Pięknie rzeźbione ich liście były znacznej wielkości, około jednego metra długie. Miały nasiona, umieszczone bądź na końcach rozgałęzień liścia, bądź na osobnych częściach rośliny. Pewna liczba gatunków miała pnie tak cienkie, że musiały się one czepiać i wspierać na innych roślinach.

Inną grupą karbońskich nagonasiennych były kordaity (Rys. 2), drzewa wysokości 20—30, i więcej metrów, wysmukłe, o gładkiej korze, dość silnie rozgałęzione, które przypominały może nieco palmy z uwagi na swe długie, taśmowate liście, o równoległych nerwach, przebiegających je wzdłuż. Rośliny te zostały bardzo dobrze zbadane. Zarówno ich korzenie, jak liście, i nawet kwiaty znane są nie tylko ze zwęglonych odcisków, ukazujących zewnętrzną ich morfologię, ale przede wszystkim z okazów całkowicie skamieniałych, znanych zwłaszcza z młodszych warstw karbońskich we Francji środkowej, w których przez wykonanie szlifów można poznać szczegółowo wewnętrzną budowę organów tych roślin, doskonale zachowaną w materiale mineralnym. Ta ich wewnętrzna budowa pod wielu względami przypomina wspomniane wyżej paprocie nasienne.

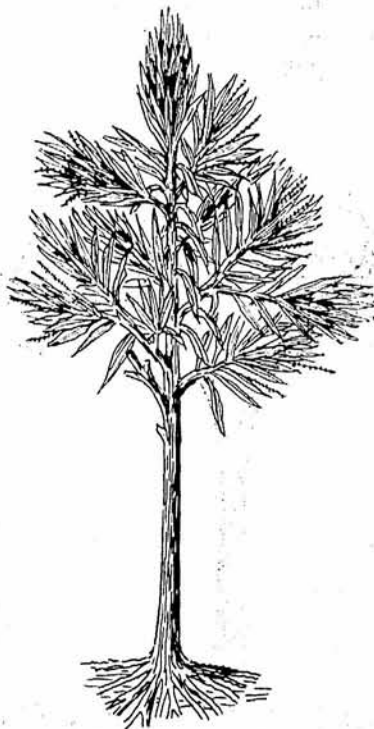
Drzew szpilkowych, które współcześnie są najbardziej rozpowszechnioną grupą roślin nago-

nasiennych, w epoce karbońskiej nie było zupełnie. Pierwsze ich ślady pojawiają się dopiero w tzw. czerwonym spągowie, tj. w dolnej części permu, epoki następującej bezpośrednio po karbonie i ostatniej już w erze paleozoicznej.

Należy tu jeszcze wspomnieć, że w epoce karbońskiej, podobnie, jak wśród roślin o wyglądzie paproci były gatunki nagonasienne, tak również wśród roślin o wyglądzie lepidofytów epoki karbońskiej znajdujemy formy, które wytworzyły organy typu nasion. Do tej pory znane są jednak tylko organy szyszkowe tych roślin, noszące nasiona. Mają one nazwę lepidofytów nasiennych (*Lepidospermae*).



Rys. 1. Fragment liścia paproci nasiennej *Neuropteris heterophylla* Brgt według Scotta.



Rys. 2. *Dorycordaites* Rekonstrukcja według Grand'Eury'ego.



To były typy karbońskich roślin nagonasiennych. Wśród zarodnikowych najważniejsze były lepidofyty, następnie kalamity, i wreszcie paprocie. —

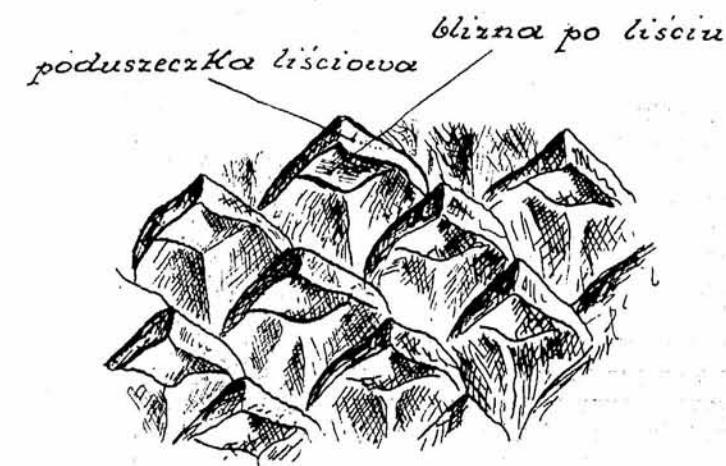
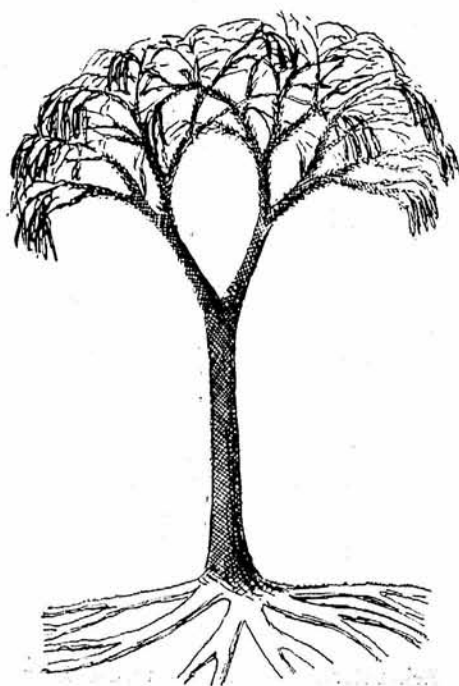
Wśród drzewiastych lepidofytów najważniejsze i najczęściej spotykane w warstwach karbońskich są lepidodendrony i sigilarie. Są one spokrewnione z żyjącymi dzisiaj widłakami. Tylko, że dzisiejsze widłaki są małymi roślinkami, płożącymi się w lasach, tamte zaś były ogromnymi niekiedy drzewami. Trzeba zaznaczyć, że w lesie karbońskim oprócz form drzewiastych żyły również małe rośliny zielne, spokrewnione z widłakami, kryjące się wśród większych roślin. Zupełnie podobnie obok wielkich form skrzypowatych, drzewiastych kalamitów, nie brakowało małych zielnych form tej grupy roślin. Jednakże ślady tych roślin zielnych we florze karbońskiej są tak rzadkie, że musiały one widocznie odgrywać rolę bardzo nieznaczną, podrzędną; nawet gdy uwzględnimy, że delikatne te rośliny znacznie trudniej zachowywały się przed zniszczeniem, niż rośliny drzewiaste.

Lepidodendrony, podobnie, jak sigilarie, zarastały potężne nieraz obszary, które dla drzewiastego charakteru tych roślin nazywamy lasem, a ze względu na ich wiek — lasem karbońskim. Lepidodendrony (Rys. 3) były dużymi drzewami, do 30 metrów wysokimi, z pniem o grubości, przekraczającej niekiedy 2 metry, wielokrotnie rozgałęziającym się u góry; gałęzie opatrzone były liśćmi, do 1 metra długimi, w kształcie szablistych igieł o przekroju romboidalnym, mięsistych i dosyć sztywnych. Tego rodzaju korona była bardzo przenikliwa dla światła słonecznego, co powodowało wybitny brak cienia w takim lesie. Pośród tych drzew dość było miejsca i światła dla bujnego rozwoju mniejszych form roślinnych: paproci, paproci nasiennych i innych. Lepidodendrony wy-

twarzały zarodniki w szyszkowatych organach, umieszczonych na końcach gałęzi. Znane są takie „szyszki“ lepidodendronów długości do 3/4 metra, co wskazuje na bardzo dużą produkcję zarodników i wyjaśnia poniekąd fakt, że w węglu z epoki karbońskiej regularnie napotyka się nieprzeliczone mnóstwo zarodników, mikrospor i megaspor. Nie bez znaczenia dla wyjaśnienia tego faktu jest również duża odporność nabłonków zarodników na zniszczenie, dzięki czemu nawet w jednorodnej masie węglowej zarodniki dają się wyróżnić. —

U pni lepidodendronów charakterystyczną cechą było istnienie regularnej rzeźby na zewnętrznej powierzchni kory, uwarunkowanej rozmieszczeniem liści na pniu (Rys. 4). Blizna po odpadłym liściu wyznaczała jednostkę tej rzeźby, zwaną poduszczką liściową. Te poduszcзки liściowe, kształtu zwykle romboidalnego, lub wrzecionowatego, rozmieszczone były na pniu regularnie w skośnych szeregach. Te poduszcзки liściowe, małe na młodych pniach i gałązkach, wzrastały ze wzrostem drzewa; albowiem u lepidodendronów, inaczej, jak np. u dzisiejszych drzew szpilkowych, także i zewnętrzne części kory wzrastały równocześnie z drugorzędym wzrostem pnia. Z tej przyczyny znajduje się pnie lepidodendronów, podobnie zresztą, jak i sigilarii, z poduszczkami bardzo rozmaitej wielkości, od kilku do kilkudziesięciu mm. długie.

Co się tyczy budowy wewnętrznej, drzewiaste lepidofyty karbońskie ogromnie się różniły od swych dzisiejszych zielnych krewniaków. Ich pnie odznaczały się stałym, tzw. drugorzędowym wzrostem na grubość, różnym jednak od spotykanego u drzew dzisiejszych. Mianowicie wzrastały na grubość nie tylko wiązki drzewne, ale także, i to przede wszystkim, zewnętrzna kora. Ten przeważający rozrost kory powodował, że w masie sub-



Rys. 4.

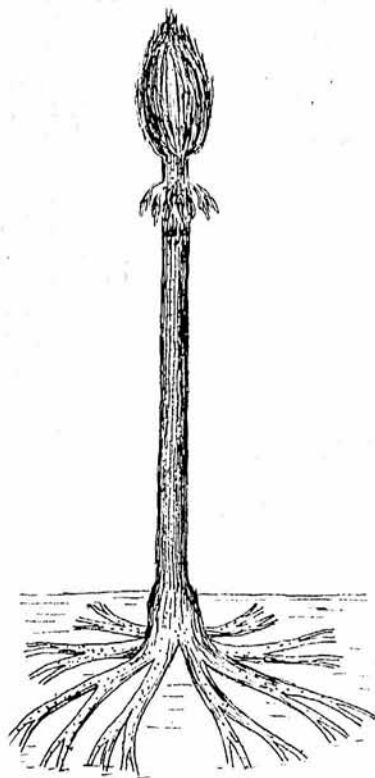
Fragment kory lepidodendrona

*Lepidodendron obovatum* Stbg według Gothana.

Rys. 3.

typu *L. obovatum* Stbg Rekonstrukcja według Hirmera.*Lepidodendron*

stancji pnia drewno grało rolę podrzędną. W środku pnia istniał rdzeń, złożony ze słabo odpornych, miękkich komórek, który pierwszy ulegał zniszczeniu.



Rys. 5. *Sigilaria* z grupy *Eurhytidolepis*. Rekonstrukcja według Hirnera

czeniu i powodował tworzenie się pustych przestrzeni wewnątrz obumierającego pnia. Przestrzeń ta często ulegała wypełnieniu substancją mineralną, podczas gdy części zewnętrzne pnia ulegały powolnemu procesowi przemiany w węgiel. Takie stojące pionowo pnie, otoczone słabą warstwą węgla, łatwo urywają się i wysuwają się pod wpływem własnego ciężaru podczas odbudowy górniczej, powodując niekiedy wypadki.

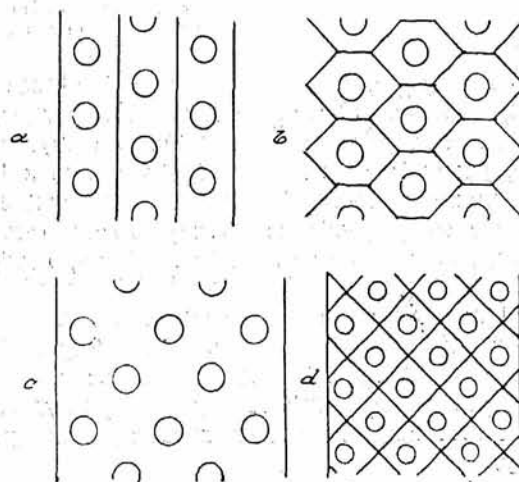
Sigilarie (Rys. 5) niewiele różniły się od lepidodendronów. Odnaczały się w pierwszym rzędzie bardziej prymitywnym wyglądem zewnętrznym. Lasy, złożone z sigilarii, o kołkowatym pniu, znacznej (do 2 metrów) grubości i poważnej (do 20 m i więcej) wysokości, często zupełnie nierozgałęzionym, czasem dzielącym się u szczytu widlasto raz jeden tylko, a wyjątkowo dwukrotnie, z czubem sztywnych, długich (niekiedy ponad 1 metr) i gęstych liści u wierzchołków, wyglądać musiały bardzo niezwykle. Takie lasy sigilariowe jeszcze mniej musiały być cieniste, niż lasy lepidodendronowe. Podobnie, jak lepidodendrony wytwarzały sigilarie zarodniki w organach szyszkowatych, na ogół mniejszych, niż u lepidodendronów i nieco odmiennych. Mianowicie poszczególne listki czy łuski „szyszki” sigilarii bardzo łatwo odpadały, i dlatego „szyszki” takie rzadko bywają znajdowane w całości, podczas gdy „szyszki” lepidodendronów były znacznie trwalsze i są znajdowane stosunkowo dość często. Dalszą różnicą jest

to, że w „szyszce” sigilarii nigdy nie znaleziono zarodników dwojakiego rodzaju (mikrospor i megaspor).

Podobnie jak lepidodendrony, miały i sigilarie wybitną rzeźbę zewnętrzną pnia (Rys. 6). Blizny po odpadłych liściach są tu jednak uszeregowane w pionowych rzędach. Blizny te bądź są bardzo gęsto rozmieszczone, postaci sześciobocznej (Rys. 6b), bądź też są bardziej rozstrzelone na pniu i mają kształt bardziej gruszkowaty lub dzwonekowaty; przy czym każdy pionowy rząd blizen jest od sąsiednich oddzielony rowkiem o kierunku ściśle pionowym (Rys. 6a), bądź wreszcie rzadziej mają inne jeszcze ułożenie (Rys. 6c, d).

Dalszą grupą lepidofytów karbońskich, już znacznie słabiej reprezentowaną, były botrodendrony. Na ogół były one podobne do lepidodendronów, od których różniły się głównie dość cienką korą, gładką i pozbawioną wybitniejszej rzeźby, a także sposobem rozgałęzienia. Również rodzaj *Lepidophloios* wykazywał znaczne podobieństwo do lepidodendronów. Powyższe cztery najważniejsze grupy bynajmniej nie wyczerpują wykazu karbońskich lepidofytów. Wśród żądanych form wymienić warto jeszcze ulodendrony, o charakterze jakby form pośrednich między lepidodendronami a botrodendronami, rozgałęziające się jednak jak pnie sigilarii.

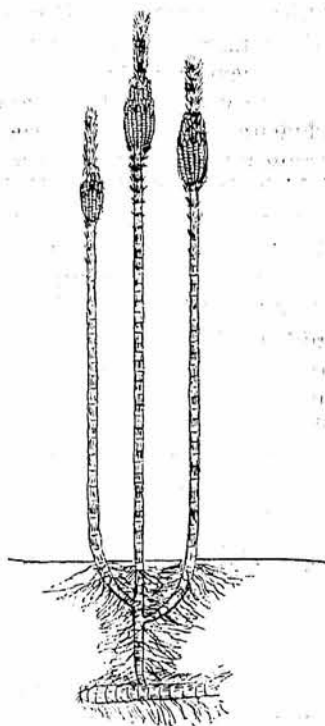
Obok lepidodendronów i sigilarii za równie ważne rośliny charakterystyczne lasów karbońskich trzeba uważać kalamity. Te trzy grupy drzewiastych roślin karbońskich były głównymi dostarczycielami substancji pierwotnej węgla, ze względu na swe duże rozmiary i masowe występowanie. Kalamity były spokrewnione z dzisiejszymi skrzypami. Jednakże od tych dzisiejszych roślin zielnych odróżniały się przede wszystkim swą formą drzewiastą, tudzież znaczną wielkością, znane bowiem są ułamki ich pni, długości 9 metrów, a ich przybliżona wysokość dochodziła 20—30 metrów. „Szyszki” kalamitów zawierały zarodniki dwojakiego rodzaju, inaczej, jak u skrzy-



Rys. 6. Schematy rzeźby kory sigilarii według Gothana.



pów. Grubsze ich pnie wykazywały, podobnie, jak łodygi skrzypu, walcowatą przestrzeń, próżną w środku, pozostałą na łatwo marniejącym rdzeniu, co upodabniało je jakby do dużych rur. Drugorzędowy wzrost na grubość odbywał się tylko w tkankach drzewnych, nie zaś w korze. W porównaniu z bardzo jednostajnymi co do zewnętrznego wyglądu lepidodendronami i sigilariami, przedstawiały kalamity pewną różnorodność form i postaci. Istniały owszem kalamity zupełnie nierozgałęzione, może nawet zupełnie pozbawione liści, a więc jakby kółki wysterczające z bagna, podzielone na członki obrączkowatymi rowkami. (Rys. 7). Inne kalamity miały nieregularne rozgałęzienia, przeważnie dość rzadkie. Jednakże obok tych prymitywnych form żyły również kalamity, rozgałęziające się dość silnie, a przy tym



Rys. 7.

*Calarnites schulzi* Stur  
Rekonstrukcja według Hirmara

bardzo regularnie, z matematyczną dokładnością. Rys. 8). Również ulistnienie kalamitów wykazywało pewną różnorodność form (Rys. 9 i 10). Podobnie, jak podzielone na członki były pnie kalamitów, inna grupa pospolitych roślin karbońskich, tzw. *Sphenophylla*, odznaczały się również członkowaniem łodygi. Były to nieduże rośliny, o łodydze nie przekraczającej 1 cm. grubości, zaopatrzonej w listeczki zwykle postaci odwróconego klina, niekiedy dość silnie rozczłonkowane. (Rys. 11). Budowa łodyg tych roślin jest dobrze poznana. Na końcu pędu głównego lub bocznych gałęzi był osadzony owocostan w postaci zarodni, zebranych w kłosa.

Prawdziwą ozdobą i urozmaiceniem mało pojętnych dla oka lasów sigilarii, lepidodendronów i kalamitów były paprocie właściwe cz. zarodni-

kowe i paprocie nasienne, z ich zielonymi, delikatnie rzeźbionymi liśćmi o bardzo rozmaitych wzorach. Organy rozmnażania, zarodnie, mieściły się na dolnej stronie liści, i często zrastały się grupami. Żyły wśród tych paproci gatunki drzewiaste (Rys. 12), o pniu pojedynczym, wysmukłym, około 15 m i więcej wysokim, z liśćmi wyrastającymi z szczytu na kształt parasola, inne, niewielkie, czepiały się gruntu, jeszcze inne zaś wyrastały wprawdzie poważnie, jednak z powodu zbyt słabych i giętkich łodyg musiały się pięć i wspierać na innych roślinach; były to paprocie zielne, wyrastające być może z podziemnych kłączy, z łodygą bardzo prostej budowy, podobnie do żyjących obecnie, i stanowiące jedno z najniższych pięter wegetacji leśnej. Wśród paproci karbońskich nie spotyka się gatunków przynależnych do rodrin dzisiaj żyjących, być może, prócz bardzo nielicznych wyjątków pewnego pokrewieństwa.

Pnie paproci drzewiastych nie należą na ogół do często spotykanych skamielin. Noszą nazwę *Psaronius*. Charakteryzują się obecnością dużej ilości korzeni przybyszowych, zaopatrzonych gęsto w delikatne włoski, wyrastające także i z samego pnia. Budowa wewnętrzna tych pni, dość skomplikowana, jest znana z okazów skrzemieńskich.

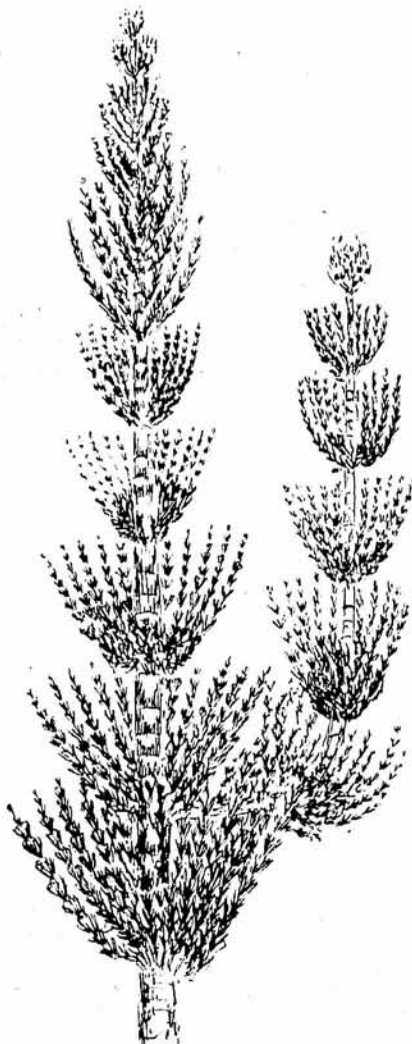
We florze współczesnej szczególną rolę odgrywają mszaki, zwłaszcza niektóre z nich, wytwarzające torf. W epoce karbońskiej mszaki już istniały. Należały jednak do bardzo rzadko, i to dopiero w młodszych warstwach karbońskich, spotykanych form, a pod względem systematycznym należały do niżej uorganizowanych wątrobowców.

Ze współczesnych prostszych grup roślinnych istniały już w epoce karbońskiej grzyby, które znane są od najstarszych formacji, zawierających rośliny lądowe. W karbonie musiały one być dosyć pospolite, jak świadczą o tym często spotykane w węglach karbońskich ich przetrwalniki, czyli tzw. *sclerotia*, a także tkanki.

Opisane powyżej grupy roślinności karbońskiej stanowią tylko część całokształtu flory tej epoki, mianowicie florę okolic nizinnych i bagiennych, w których tworzyły się dzisiejsze pokłady węgla. Flory innych środowisk, np. wyżyn i gór, z epoki karbońskiej nie są poznane.

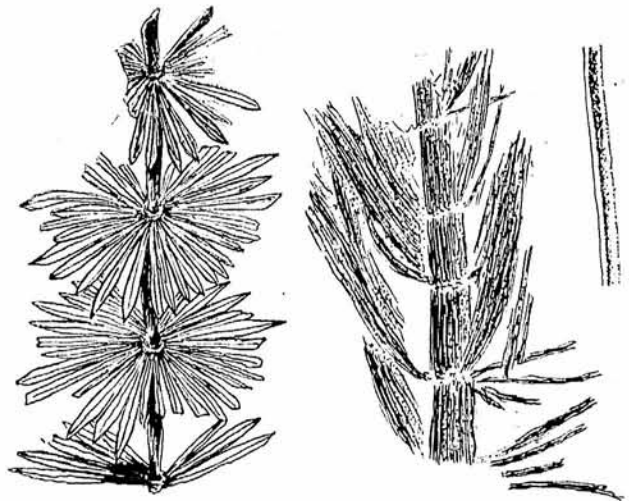
Osobnego omówienia wymagają podziemne części lepidofytów, noszące nazwę stigmarii (Rys. 3 i 5), ze względu na ich znaczenie dla naszej wiedzy o epoce karbońskiej. Ich cechą charakterystyczną jest dichotomiczne, widlaste, rozgałęzianie się. Spotyka się je zwykle w znacznie większej ilości wśród skał spągowych pokładów węgla. W samym węglu pokładów są one znacznie trudniejsze do odkrycia wskutek jednolitości węgla. Jedynie w wypadkach mineralizacji pewnej ilości substancji roślinnej w pokładzie, np. w postaci buł dolomitowych, znajduje się wśród pokładu stigmarie, ukazujące wewnętrzną budowę, a pozbawiona śladów transportu i widocznie pozostała na miejscu ich dawnego życia. W takich bułach dolomitowych stwierdzono, że stigmarie by-

ły zaopatrzone w korzonki, zwane *Appendices*, wiotkie, wydłużone, z jedną wiązką przewodzącą w środku, a poza tym puste. Tego rodzaju korzonki napotkać można jedynie tylko w środowisku bagiennym, o dużej zawartości wody. Również sposób rozmieszczenia stigmarii, które rozpościły się promienisto w jednej płaszczyźnie, płytko pod powierzchnią wody, jest charakterystyczny dla roślin środowiska bagiennego. Ponieważ stigmarii były podziemnymi częściami sigilarii i lepi-



Rys. 8. *Calamites Sachsei* Stur  
Rekonstrukcja według Hirmera

dodendronów, prawdopodobnie także botrodendronów, więc głównie te lepidofyty karbońskie musiały być roślinami bagiennymi, co potwierdzają jeszcze bardzo charakterystyczne dla roślin bagiennych rozszerzenia pni u dołu, które spotyka się zarówno u sigilarii (Rys. 5), jak i u lepidodendronów. Jeszcze wyraźniej występował charakter flory bagiennej u kalamitów, objawiając się dużą ilością przestrzeni powietrznych we wnętrzu pni, oraz szczególnie w korzeniach. Jak stwierdzają pewne obserwacje, kalamity rosły w miejscach, gdzie woda była głębsza, i dlatego bywały pierwszymi drzewami, które przy podnoszeniu się dna okolicy przybrzeżnej wkraczały na płycznę.

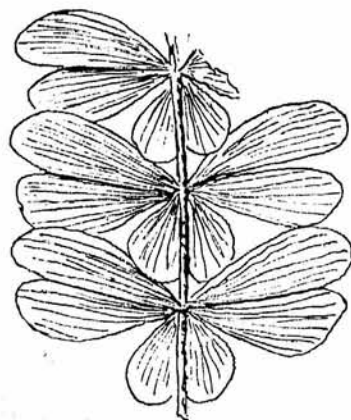


Rys. 9. Typ ulistnienia Kalamitów  
*Annularia stellata* Wood według Gothana.

Rys. 10. Typ ulistnienia Kalamitów  
*Asterophyllites longifolius* Stbg według Gothana.

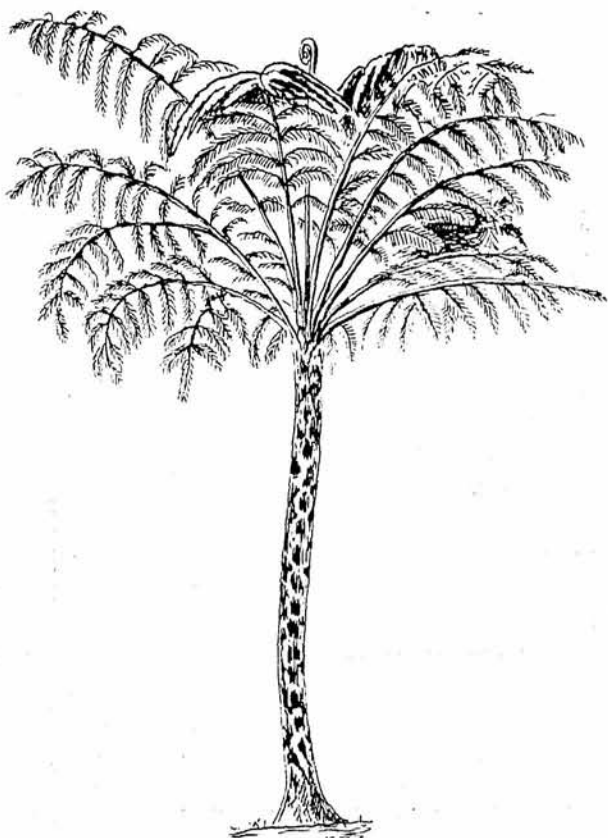
Podobnie również duża ilość paproci drzewiastych, według obserwacji na florzę współczesnej, świadczy o klimacie bardzo wilgotnym. Tę cechę paproci drzewiastych we florzę karbońskiej uważano dawniej za dowód tropikalnego, gorącego klimatu okolic bagiennych w epoce karbońskiej, ponieważ paprocie drzewiaste znane są obecnie w strefie tropikalnej. Jednakże obserwacje wykazały, że paprocie drzewiaste rosną w tej strefie w wysoko położonych okolicach górskich, gdzie dobrze znoszą przymrozki i śniegi, byleby tylko wilgotność była dostateczna. Bardzo charakterystyczną cechą lasów tropikalnych jest ogromna ilość pasożytów i porośli. Tymczasem obserwacje pni i drzew karbońskich nie wykazały dotąd ich istnienia, za wyjątkiem jednego — być może gatunku. Wiadomo tylko, że pewna ilość paproci (zarodnikowych) i paproci nasiennych używała innych roślin za punkty oparcia w poszukiwaniu dogodnych dla siebie warunków bytu.

Z powyższych obserwacji nad florą lasów karbońskich wynika, że klimat tych lasów był



Rys. 11. Fragment łodyżki *Sphenophyllum*  
*Sphenophyllum speciosum* Royle według Gothana.





Rys. 12.

Paprotć drzewiasta z Ceylonu  
*Alsophila crinita* według Strasburgera.

ogromnie wilgotny i w związku z tym wykazywał duże ilości opadów. Co do temperatury, to można powiedzieć, że podane wyżej spostrzeżenia, a także inne obserwacje, na ogół zaprzeczają rozpo-

wszechnionemu dawniej pogładowi o klimacie gorącym, tropikalnym, a przemawiają za klimatem ciepłym o tyle, że przy ogromnej ilości wilgoci umożliwiał niezwykle bujny rozwój roślinności. Wahania temperatury w ciągu roku były nieznaczne, albowiem drzewa karbońskie nie wykazują pierścieni rocznego przyrostu.

W zakończeniu chcę dodać, że tworzenie się węgla w ogóle nie wymaga niezbędnie klimatu wilgotnego. Przy badaniu powiem trzeciorzędowych węgla brunatnych niżu niemieckiego wyszły na jaw fakty, dowodzące, że węgle te powstały na dnie lasu o suchym podłożu. Nie wiadomo dotychczas, czy wyniki te można uogólnić na inne tereny węglowe; czy np. nie ma podobnych zjawisk wśród węgla karbońskich, co jednak wydaje się możliwe tylko jako niezwykle wyjątek.

Referat powyższy opracowałem na podstawie następujących materiałów:

- 1) J. Jarosz: „Flora karbonu polskiego i jej znaczenie stratygraficzne“ (wykłady Prof. Dr Jarosza na Akademii Górniczej w Krakowie).
- 2) J. Lilpop: „Roślinność Polski w epokach minionych“.
- 3) D. Szymkiewicz: „Botanika“.
- 4) W. Gothan: „Karbon- und Perm-Fflanzen“ w dziele G. Gürich „Leitfossilien“.
- 5) W. Gothan, F. Franke: „Der Wetsfälisch-Rheinische Steinkohlenwald und seine Kohlen“.
- 6) M. Hirmer: „Handbuch der Palaeobotanik“, Bd. I.

Stanisław Stopa  
Akademia Górnicza - Kraków

## Bezpieczeństwo pracy w wielkim przemyśle żelaznym

Chcąc zrozumieć zagadnienie bezpieczeństwa pracy w wielkim przemyśle żelaznym trzeba sobie dokładnie zdać z tego sprawę, na jakie niebezpieczeństwo dany pracownik jest w nim narażony. W wykazie Z U S hutnictwo, należące do grupy III-ej, w ogólnych zarysach objęte jest aż dwiema kategoriami stawek, a to w pozycji 28, względnie 28, VII i VIII zależnie od tego czy prowadzi u siebie na miejscu systematyczną służbę bezpieczeństwa. Rozpiętość tych składek jest znaczna i wynosi od 1.62% do 3.05%. Zależnie więc od akcji jaką na miejscu się prowadzi otrzymać można większe lub mniejsze zniżki, które będą obciążać daną produkcję.

Ażeby zdać sobie sprawę ze stanu bezpieczeństwa w zakładach hutnictwa żelaznego, należy przede wszystkim zapoznać się ze statystyką nie-

szczęśliwych wypadków. Nadmienić należy, że statystyki z czasów przedwojennych nie posiadamy. Po wojnie do roku 1927 z powodu niestabilnego czasu pracy i nieregulowanych stosunków socjalnych, żadna statystyka nie mogłaby przedstawić faktycznego stanu. Dopiero od roku 1928, tj. od wejścia w mniej więcej normalny tryb pracy możemy w wnioskach naszych oprzeć się na posiadanych statystycznych danych. W roku 1930, początku kryzysu ekonomicznego, następuje wybitny spadek zatrudnienia, który wywiera niekorzystny wpływ na ogólne bezpieczeństwo pracy. Zaprowadzenie jednak już w roku 1928 placówki zapobiegania nieszczęśliwym wypadkom skutecznie prowadzi do zmniejszenia się ilości wypadków. Załączona statystyka przedstawia stan bezpieczeństwa pracy po dzień dzisiejszy. W statystyce tej