

# **BOROWCE**



## Struktura elektronowa borowców

Pierwiastek	Symbol	Struktura elektronowa	Stopnie utlenienia	Liczby koordynacyjne
Bor	B	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	III	3, 4, 6
Glin	Al	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	(I), III	3, 4, 6
Gal	Ga	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	I, III	3, (4), 6
Ind	In	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	I, III	3, (4), 6
Tal	Tl	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>	I, III	3, 6

Borowce rozpoczynają tzw. „blok p” pierwiastków układu okresowego (litowce i berylowce to pierwiastki tzw. „bloku s”).

## Rozpowszechnienie pierwiastków we wszechświecie

<b>Pierwiastek</b>	<b>Rozpowszechnienie (Si=1)</b>
<b>Wodór</b>	<b>40000</b>
<b>Hel</b>	<b>3100</b>
<b>Tlen</b>	<b>22</b>
<b>Neon</b>	<b>8.6</b>
<b>Azot</b>	<b>6.6</b>
<b>Węgiel</b>	<b>3.5</b>
<b>Krzem</b>	<b>1</b>
<b>Magnez</b>	<b>0.91</b>
<b>Żelazo</b>	<b>0.60</b>
<b>Siarka</b>	<b>0.38</b>

## Rozpowszechnienie pierwiastków w skorupie ziemskiej

<b>Pierwiastek</b>	<b>Stężenie (ppm)</b>
<b>Tlen</b>	<b>464000</b>
<b>Krzem</b>	<b>282000</b>
<b>Glin</b>	<b>83200</b>
<b>Żelazo</b>	<b>56300</b>
<b>Wapń</b>	<b>41500</b>
<b>Sód</b>	<b>23600</b>
<b>Magnez</b>	<b>23300</b>
<b>Potas</b>	<b>20900</b>
<b>Tytan</b>	<b>5700</b>
<b>Wodór</b>	<b>1400</b>



## Woda morską jako źródło soli borowców

Związki chemiczne	Zawartość [%]
<b>Chlorek sodu</b>	<b>2.7</b>
<b>Sole magnezu</b>	<b>0.13</b>
<b>Chlorek potasu</b>	<b>0.07</b>
<b>Sole wapnia</b>	<b>0.042</b>
<b>Sole bromu</b>	<b>0.001</b>
<b>Sole boru</b>	<b>0.00001</b>

## Właściwości fizykochemiczne borowców

Pierwiastek	Promień kowalencyjny [Å]	Promień jonowy [Å]	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Energia jonizacji <sup>1</sup> [kJ/mol]	Elektroujemność	Temperatura topnienia [°C]	Zawartość w skorupie ziemskiej [ppm]
<b>Bor</b>	<b>0.80</b>	<b>0.20</b>	<b>2.4</b>	<b>6764</b>	<b>2.0</b>	<b>2075</b>	<b>3</b>
<b>Glin</b>	<b>1.25</b>	<b>0.52</b>	<b>2.7</b>	<b>5114</b>	<b>1.5</b>	<b>660</b>	<b>83200</b>
<b>Gal</b>	<b>1.25</b>	<b>0.60</b>	<b>5.9</b>	<b>5500</b>	<b>1.6</b>	<b>29.7</b>	<b>15</b>
<b>Ind</b>	<b>1.50</b>	<b>0.81</b>	<b>7.3</b>	<b>5066</b>	<b>1.7</b>	<b>156</b>	<b>0.1</b>
<b>Tal</b>	<b>1.55</b>	<b>0.95</b>	<b>11.8</b>	<b>5413</b>	<b>1.8</b>	<b>304</b>	<b>~2</b>
<b>Porównawcze wartości dla litowców i berylowców</b>							
<b>Litowce</b>	<b>1.23÷2.35</b>	<b>0.60÷ 1.69</b>	<b>0.54÷ 1.87</b>	<b>520÷ 375</b>	<b>1.0÷0.7</b>	<b>181÷29</b>	
<b>Berylowce</b>	<b>0.89÷1.98</b>	<b>0.31÷ 1.50</b>	<b>1.8÷ 5.0</b>	<b>2656÷ 1488<sup>1</sup></b>	<b>1.5÷0.9</b>	<b>1277÷700</b>	

**1 – sumaryczna energia jonizacji niezbędna do utworzenia jonów Me<sup>2+</sup> (berylowce) i Me<sup>3+</sup> (borowce)**

## Porównanie promieni kowalencyjnych pierwiastków w układzie okresowym

Grupa \ Okres	I	II											III	IV	V	VI	VII	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H · ~030																H · ~030	He · 1.20	
2	Li · 1.23	Be · 0.89											B · 0.80	C · 0.77	N · 0.74	O · 0.74	F · 0.72	Ne · 1.60	
3	Na · 1.57	Mg · 1.36											Al · 1.25	Si · 1.17	P · 1.10	S · 1.04	Cl · 0.99	Ar · 1.91	
4	K · 2.03	Ca · 1.74	Sc · 1.44	Ti · 1.32	V · 1.22	Cr · 1.17	Mn · 1.17	Fe · 1.17	Co · 1.16	Ni · 1.15	Cu · 1.17	Zn · 1.25	Ga · 1.25	Ge · 1.22	As · 1.21	Se · 1.14	Br · 1.14	Kr · 2.00	
5	Rb · 2.16	Sr · 1.91	Y · 1.62	Zr · 1.45	Nb · 1.34	Mo · 1.29	Tc - -	Ru · 1.24	Rh · 1.25	Pd · 1.28	Ag · 1.34	Cd · 1.41	In · 1.50	Sn · 1.40	Sb · 1.41	Te · 1.37	I · 1.33	Xe · 2.20	
6	Cs · 2.35	Ba · 1.98	La · 1.69	Hf · 1.44	Ta · 1.34	W · 1.30	Re · 1.28	Os · 1.26	Ir · 1.26	Pt · 1.29	Au · 1.34	Hg · 1.44	Tl · 1.55	Pb · 1.46	Bi · 1.52	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	Ac																

<b>Lantanowce</b>	Ce · 1.65	Pr · 1.65	Nd · 1.64	Pm - -	Sm · 1.66	Eu · 1.85	Gd · 1.61	Tb · 1.59	Dy · 1.59	Ho · 1.58	Er · 1.57	Tm · 1.56	Yb · 1.70	Lu · 1.56
-------------------	-----------------	-----------------	-----------------	--------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

## Charakterystyka ogólna borowców

**Bor jest jedynym niemetalem wśród borowców. Glin i kolejne metale III grupy głównej mają charakter amfoteryczny (cechy amfoteryczne maleją od glinu do talu).**

**Glin jest najbardziej rozpowszechnionym metalem w skorupie ziemskiej.**

**Dla borowców podstawowym stopniem utlenienia jest stopień +III (tal tworzy trwalsze związki na stopniu utlenienia +I). Występowanie borowców (poza borem!) na +I stopniu utlenienia, jest związane z „efektem nieczynnej pary elektronowej”.**

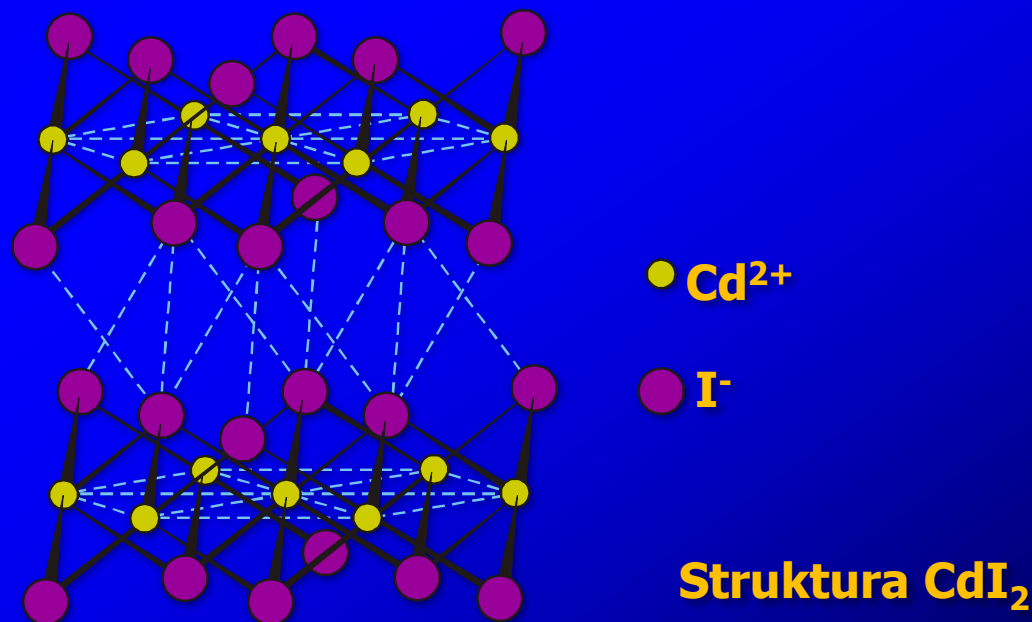
**Małe rozmiary i duży ładunek jonów oraz wysokie energie jonizacji, powodują, że borowce tworzą głównie związki o wiązaniach kowalencyjnych. Związki boru są zawsze kowalencyjne. Inne związki (np.  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{GaCl}_3$ ) są kowalencyjne w stanie bezwodnym, ale dysocjują na jony w roztworze.**

## Struktura związków borowców – część 1

Borowce są mniej elektrododatnie niż litowce i berylowce, dlatego niewiele ich soli ma budowę jonową.

Typowymi związkami borowców są związki o budowie  $AB_3$  oraz  $A_2B_3$ . Te z nich, które nie mają wystarczająco jonowego charakteru, aby tworzyć sieci jonowe, tworzą struktury polimeryczne lub tzw. struktury warstwowe, podobne do jodku kadmu.

Między innymi hydrargilit ( $Al(OH)_3$ ) ma podobną strukturę, w której w warstwie jonów metalu zajętych jest tylko  $2/3$  wszystkich miejsc węzłowych.





## Struktura związków borowców – część 2

Zgodnie z teoriami Sidgwicka-Powella oraz hybrydyzacji, związki o dominującym charakterze kowalencyjnym tworzą struktury zależne od liczby i rodzaju orbitali atomowych zaangażowanych w wiązanie:

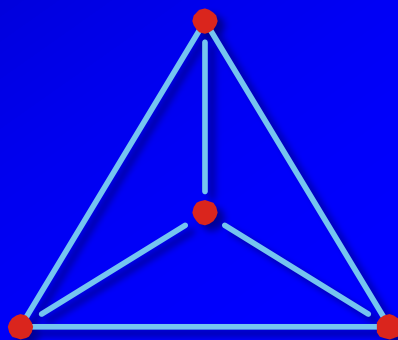
Kształt cząsteczki	Liczba zewnętrznych orbitali	Hybrydyzacja	Kąty między wiązaniami
Budowa liniowa	2	sp	180°
Trójkąt	3	sp <sup>2</sup>	120°
Czworokąt	4	dsp <sup>2</sup>	90°
Tetraedr	4	sp <sup>3</sup>	109°29'
Bipiramida trygonalna	5	sp <sup>3</sup> d	120° i 90°
Oktaedr	6	sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup>	90°
Bipiramida pentagonalna	7	sp <sup>3</sup> d <sup>3</sup>	72° i 90°

## Struktura związków borowców – część 3

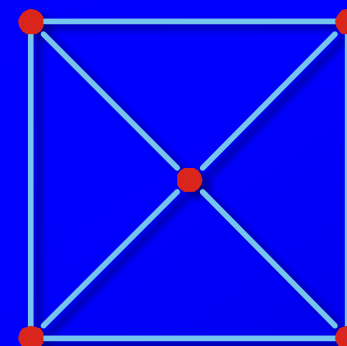
Kształty cząsteczek przewidziane przez teorie Sidgwicka-Powella i hybrydyzacji:



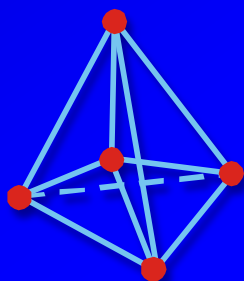
**Budowa liniowa**



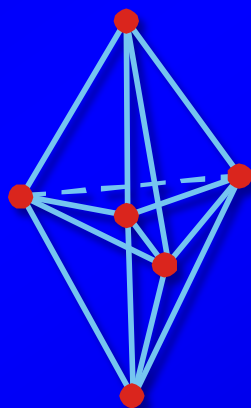
**Trójkąt**



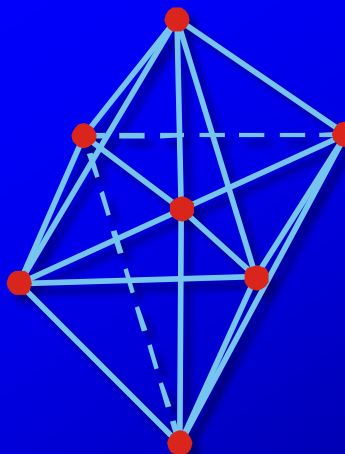
**Czworokąt**



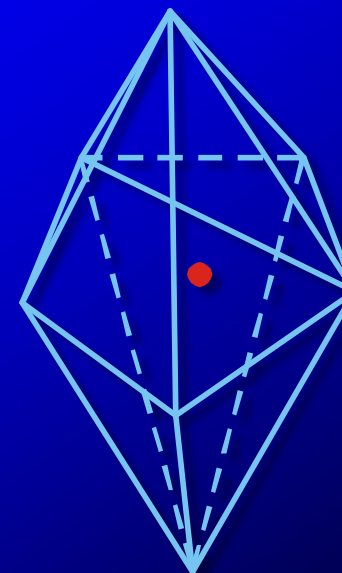
**Tetraedr**



**Bipiramida trygonalna**






**Oktaedr**



**Bipiramida pentagonalna**

## Zależność struktur metali od ich położenia w układzie okresowym

Li	Be											
Na	Mg											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U							

-  struktura regularna przestrzennie centrowana
-  struktura heksagonalna zwarta
-  struktura regularna zwarta

**Bor jest pierwiastkiem o charakterze niemetalicznym – może mieć strukturę jednoskośną lub być bezpostaciowy.**

**Glin – struktura regularna zwarta, gal – rombowa, ind i tal – tetraedryczna.**

Standardowe potencjały elektrodowe borowców

Pierwiastek	Potencjał standardowy $E_0$ [V]
<b>Bor</b>	<b>-0.89<sup>1</sup></b>
<b>Glin</b>	<b>-1.66<sup>2</sup></b>
<b>Gal</b>	<b>-0.53<sup>2</sup></b>
<b>Ind</b>	<b>-0.34<sup>2</sup></b>
<b>Tal</b>	<b>-0.34<sup>3</sup></b>
<b>Porównawcze wartości dla litowców i berylowców</b>	
<b>Litowce</b>	<b>-2.71 ÷ -2.93 (Na ÷ Cs) dla Li -3.05 (efekt silnej hydratacji)</b>
<b>Berylowce</b>	<b>-1.85 ÷ -2.90 (Be ÷ Ba)</b>

Podane wartości charakteryzują zachowanie się borowców w środowisku kwaśnym.

Reakcje elektrodowe:



Odstępstwo obserwowane dla boru (wyższy potencjał niż dla glinu) wynika ze zmiany charakteru pierwiastka (bor – niemetal, nie ulegający hydratacji; glin – kation o dużym ładunku, silnie hydratowany).

## Właściwości chemiczne borowców – utlenianie pierwiastków powietrzem

W odróżnieniu od litowców (poza litem!) - ale tak jak berylowce – bor bezpostaciowy i glin spalają się w powietrzu i azocie tworząc azotki typu MeN:



Azotek galu powstaje w temp. 1200°C w reakcji z tlenem i amoniakiem:



Wszystkie borowce spalają się w powietrzu i tlenie z utworzeniem tlenków  $\text{Me}_2\text{O}_3$  (gal ogrzewany w powietrzu tworzy GaO, który jest mieszaniną Ga i  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ):



Tlenki powstają też podczas termicznego rozkładu węglanów, wodorotlenków, azotanów i siarczanów berylowców (czyli przez rozkład nietrwałych związków):



$\text{B}_2\text{O}_3$  powstaje z kwasu ortoborowego w temperaturze czerwonego żaru:



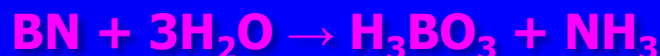
Borowce nie tworzą nadtlenków ani ponadtlenków – to ważna cecha, różniąca je od litowców i berylowców!



## Właściwości chemiczne borowców – reakcje pierwiastków, azotków i tlenków z wodą

Borowce nie mają tendencji do reagowania z wodą. Mieszanina uwodnionych tlenków powstaje jako produkt reakcji wody nasyconej tlenem z indem i talem.

W reakcji azotków boru oraz glinu, galu i indu z wodą powstają odpowiednio kwas ortoborowy i amoniak oraz wodorotlenki i amoniak:



Produktem reakcji tlenku boru  $\text{B}_2\text{O}_3$  z wodą jest kwas ortoborowy:



Tlenki metalicznych borowców są nierozpuszczalne w wodzie, a trudno rozpuszczający się  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  i tak nie ulega hydratowaniu.

Tlenek boru ma właściwości kwasowe, tlenek glinu jest amfoteryczny, zaś tlenek indu ma właściwości zasadowe.

## Właściwości chemiczne borowców – reakcje pierwiastków z siarką

Wszystkie borowce reagują w podwyższonej temperaturze z siarką, tworząc typowe siarczki  $\text{Me}_2\text{S}_3$ :



Znane są podwójne siarczki glinu z innymi metalami, o wzorze  $\text{MeAl}_2\text{S}_4$ ,  
gdzie  $\text{Me}=\text{Mg}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Zn}$  i  $\text{Pb}$

Typowych wielosiarczków, takich jak wszystkie litowce i niektóre berylowce, borowce nie tworzą.

## Właściwości chemiczne - reakcje borowców z wodorem

Żaden borowiec nie reaguje bezpośrednio z wodorem z utworzeniem wodorków.

**Podstawowy wodorek boru – diboran  $B_2H_6$  – można otrzymać następująco:**



**Znane są też trwalsze od zwykłych wodorków tetrahydroborany:**



**Ogólnie –  $Me[BH_4]_n$ ,  $Me$ =litowce, Be, Al i metale przejściowe; „n” zależy od wartościowości kationu.**

**Inne borowce też tworzą wodorki z niedoborem elektronów:**



**Gal tworzy  $Li[GaH_4]$ , ind – polimeryczny wodorek  $(InH_3)_n$ , natomiast nie jest pewne, czy tal tworzy wodorek.**

**Wodorki boru są kowalencyjne, a innych borowców (niekompleksowe) - polimeryczne.**

**Wodorki kompleksowe (zwłaszcza litowców) są jonowe.**

**Wodorki są silnymi reduktorami – reagują z wodą z wydzieleniem wodoru:**



## Właściwości chemiczne borowców – trihalogenki

W podwyższonej temperaturze borowce wiążą się z fluorowcami w halogenki  $\text{MeX}_3$ :

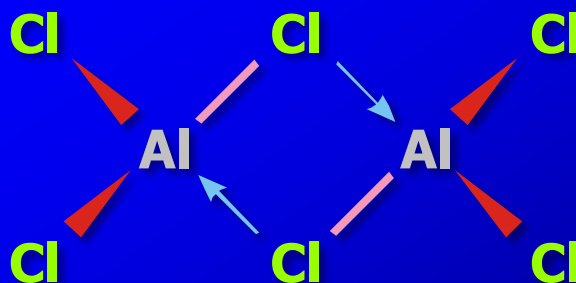


Wszystkie halogenki boru mają budowę kowalencyjną i gazową. Fluorki pozostałych borowców są jonowe, a ich inne halogenki – w stanie bezwodnym – są kowalencyjne.

Wszystkie halogenki hydrolizują pod wpływem wody – fluorki i pozostałe halogenki boru, dają inne produkty hydrolizy niż halogenki pozostałych borowców:



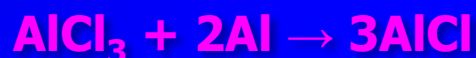
$\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$  i  $\text{GaCl}_3$  występują w środowiskach niepolarnych w postaci dimerów (osiągają w ten sposób konfigurację oktetu elektronowego):





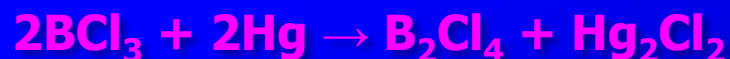
## Właściwości chemiczne borowców – mono- i dihalogenki

Wszystkie borowce dają halogenki  $\text{MeX}$  w fazie gazowej, w wysokiej temperaturze. Poza  $\text{Tl}^+\text{F}^-$  wszystkie te związki są kowalencyjne. Halogenki jednowartościowego talu są trwalsze od tych na +III stopniu utlenienia:



Monochlorki boru, są w rzeczywistości symetrycznymi związkami o strukturze przestrzennej i wzorze  $(\text{BCl})_n$ , gdzie  $n=4$  i  $8 \div 12$ .

Bor tworzy dihalogenki o wzorze  $\text{B}_2\text{X}_4$ , w których występuje wiązanie B-B:



Gal i ind tworzą dihalogenki  $\text{MeX}_2$ , w których jednak nie są na +II stopniu utlenienia (w rzeczywistości te związki mają budowę kompleksową i zawierają gal i ind na stopniach utlenienia +I i +III):





Właściwości fizykochemiczne borowców - hydratacja

Bor nie tworzy kationów. Podatność jonów pozostałych borowców na hydratację maleje w szeregu:



Pierwiastki	Przybliżona entalpia hydratacji [kJ/mol]
Borowce	-4665 ÷ -3500 ( $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Tl}^{3+}$ )
Litowce	-500 ÷ -300 ( $\text{Li}^+ \rightarrow \text{Fr}^+$ )
Berylowce	-2500 ÷ -1300 ( $\text{Be}^{2+} \rightarrow \text{Ba}^{2+}$ )

Zgodnie z charakterem zmiany podatności do hydratowania jonów (ale nie tak jednoznacznie, jak dla litowców i berylowców), zmienia się też podatność do tworzenia uwodnionych związków.

#### Stopień utlenienia +III

Związki boru są bezwodne (chyba, że zawierają inny niż bor pierwiastek, ulegający hydratacji). Wiele tlenowych soli glinu i indu, a także sporo halogenków, występuje w postaci uwodnionej. Gal tworzy głównie uwodnione sole tlenowe i nieliczne uwodnione halogenki. Związki talu są najmniej podatne na uwodnienie, do tego stopnia, że bezwodny – jako jedyny z pierwiastków III grupy głównej – jest m.in. azotan talowy ( $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3$ ).

#### Stopień utlenienia +I

Związki borowców na stopniu utlenienia +I są bezwodne.

## Właściwości fizykochemiczne borowców – rozpuszczalność związków w wodzie

Te związki borowców, dla których energia hydratacji jest większa od energii sieciowej, są dobrze rozpuszczalne w wodzie (m.in. azotany, halogenki z wyjątkiem niektórych fluorków, siarczany, częściowo siarczki).

Kwas ortoborowy –  $\text{H}_3\text{BO}_3$  i tlenek boru –  $\text{B}_2\text{O}_3$ , są umiarkowanie dobrze rozpuszczalne w wodzie. Do najtrudniej rozpuszczalnych związków boru należą tetrafenyloboran potasu –  $\text{K}[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]$  i metaborany, zwłaszcza metali przejściowych –  $\text{Me}(\text{BO}_2)_2$ , gdzie  $\text{Me}=\text{Cd}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Pb}, \text{Zn}$ .

Wodorotlenki borowców  $\text{Me}(\text{OH})_3$  ( $\text{Me}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Tl}$ ) są wszystkie nierozpuszczalne, a iloczyny rozpuszczalności maleją ze wzrostem liczby atomowej borowca. Z tlenków borowców tylko  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wykazuje minimalną rozpuszczalność w wodzie, pozostałe są nierozpuszczalne.

Spośród siarczków borowców  $\text{B}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$  i  $\text{Ga}_2\text{S}_3$  są dobrze rozpuszczalne w wodzie. Siarczki indu i talu na +III stopniu utlenienia są nierozpuszczalne.

Wszystkie ortofosforany –  $\text{MePO}_4$  i ortoarseniany –  $\text{MeAsO}_4$  borowców ( $\text{Me}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Tl}$ ) należą do najtrudniej rozpuszczalnych w wodzie związków tych metali.

Związki talu na +I stopniu utlenienia są zazwyczaj trudniej rozpuszczalne niż analogi na +III stopniu utlenienia (nieliczne wyjątki, to wodorotlenek i selenin).

## Trwałość tlenowych soli i wodorotlenków borowców

Ze względu na mniej elektrododatni charakter borowców niż litowców i berylowców, ich sole tlenowe i wodorotlenki są mniej trwałe niż odpowiednie sole i wodorotlenki litowców i berylowców. Między innymi znacznie mniej trwałe są odpowiednie azotany i siarczany, których termiczny rozkład prowadzi do tlenków:



Trwałość wodorotlenków  $\text{Me}(\text{OH})_3$  – bez rozróżniania poszczególnych odmian – przedstawia się następująco:

Związek	Temperatura rozkładu [°C]	Związek	Temperatura rozkładu [°C]
$\text{Al}(\text{OH})_3$	~200÷360	$\text{Be}(\text{OH})_2$	138
$\text{Ga}(\text{OH})_3$	440	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	>350
$\text{In}(\text{OH})_3$	~150	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	>580
$\text{Tl}(\text{OH})_3$	~115	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	>720 (topi się)
		$\text{Ba}(\text{OH})_2$	>800 (topi się)
<b>Porównawcze dane dla wodorotlenków litowców</b>			
$\text{MeOH}$ (Me=litowiec)		>924 dla Li (pozostałe mają temperatury wrzenia około 1200÷1400°C)	

## Związki borowców z węglem

**W wyniku ogrzewania boru z węglem powstaje przestrzenny węglik (metanek) o wzorze  $B_{12}C_3$  (struktura sieci podobna do NaCl):**



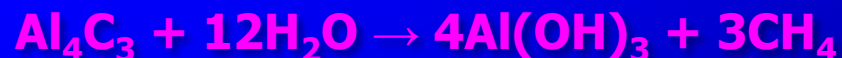
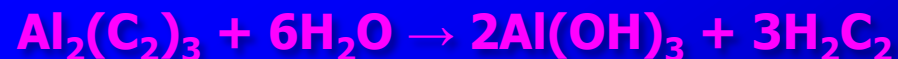
**Glin ogrzewany z węglem, tworzy typowy dla III grupy węglik (metanek)  $Al_4C_3$ :**



**Al – podobnie do berylowców – w reakcji z acetylenem glin tworzy acetylenek:**



**Acetylenki reagując z wodą wydzielają acetylen, zaś produktem reakcji metanku z wodą jest metan:**





## Związki organiczne borowców

Wszystkie trihalogenki borowców (X=B, Al, Ga, In, Tl) tworzą związki trialkilowe i triarylowe z odczynnikami Grignarda i ze związkami litoorganicznymi:



Proste alkilogliny ( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ,  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ) mają zdolność do przyłączania alkenów do wiązań Al-C. Można otrzymywać polietylen o masie do około 200, biodegradowalne surfaktanty – składniki proszków do prania i izopren do produkcji kauczuku.

Duże znaczenie mają reakcje hydroborowania – czyli reakcje diboranu ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) z alkenami oraz alkinami:



Jest to bardzo użyteczna reakcja, której produkty mogą służyć do wielu syntez (np. do otrzymywania alkoholi i ketonów).



## Kompleksy borowców

Jony borowców są mniejsze od jonów litowców i berylowców i mają większy ładunek – dlatego chętniej tworzą połączenia kompleksowe.

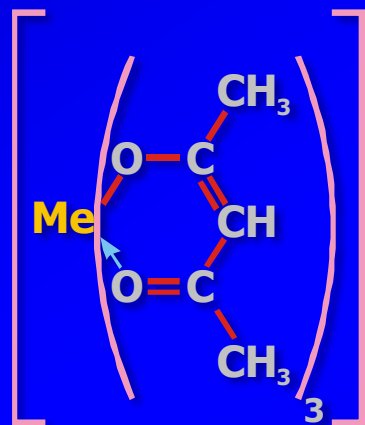
Znane są typowe kompleksy nieorganiczne borowców o budowie tetraedrycznej:

np.  $[\text{BF}_4]^-$ ,  $[\text{AlH}_4]^-$ ,  $[\text{BH}_4]^-$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,  $[\text{InCl}_4]^-$ ,  $[\text{GaCl}_4]^-$

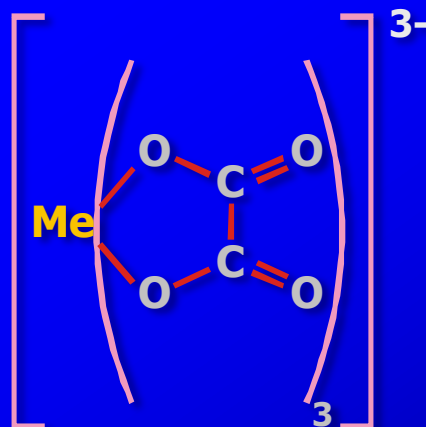
oraz oktaedrycznej:  $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  (Me=Al, Ga, In, Tl)

$[\text{MeCl}_6]^{3-}$  (Me=Al, Ga, In, Tl)

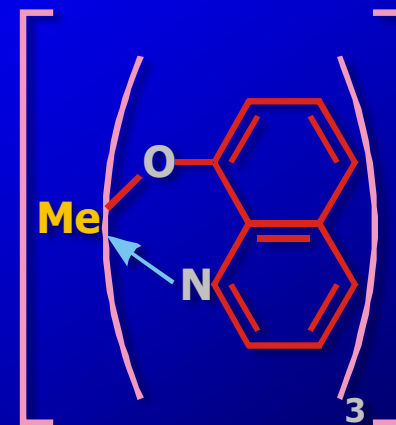
Najważniejszymi kompleksami borowców są oktaedryczne kompleksy chelatowe, m.in. z EDTA, acetyloacetonem, szczawianami i 8-hydroksychinoliną (oksyną):



**Kompleks  
acetyloacetonu**



**Kompleks  
szczawianowy**



**Kompleks  
8-hydroksychinoliny**

## Otrzymywanie borowców

**Bor jest pierwiastkiem mniej reaktywnym jak litowce i berylowce. Można go otrzymać z jego tlenku, przez redukcję magnezem lub sodem:**



**Glin otrzymuje się z boksytów ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) – po etapach przygotowawczych prowadzi się elektrolizę stopionego  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :**



**Gal, ind i tal otrzymuje się najczęściej przez elektrolizę wodnych roztworów ich soli.**

## Najważniejsze zastosowania związków borowców

**Bor (B), glin (Al), w mniejszym stopniu gal (Ga) i ind (In): dodatki stopowe do stali.**

**Glin jest składnikiem podstawowym ważnych stopów lekkich konstrukcyjnych.**

**Glin stosowany jest też w aluminotermii i do odtleniania stali.**

**Korund (elektrokorund, stopiony  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): podstawowy materiał ścierny (twardość 9.3 w 10-stopniowej skali Mohsa).**

**Naturalne glinokrzemiany: do produkcji materiałów wiążących dla budownictwa (cement portlandzki – do 7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , cement glinowy – do 45%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).**

**Kaoliny, gliny i skalenie (materiały o dużej zawartości  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): wyroby ceramiczne i szklarskie (jeden z podstawowych tlenków szkłotwórczych, obok  $\text{SiO}_2$ ).**

**$\text{B}_2\text{O}_3$  (zazwyczaj w postaci boraksu lub  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ): jeden z najważniejszych składników szkłotwórczych dla szkieł gatunkowych wysokiej jakości (Silvit, Termisil, szkło na włókna szklane, na ekrany kineskopowe).**

**$\text{H}_3\text{BO}_3$ : łagodne działanie antyseptyczne.**

**Ałuny (np.  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ): składniki sztyftów poprawiających krzepliwość krwi.**

**Boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ): wyrób sztucznych materiałów ozdobnych (tzw. „perła boraksowa”  $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CoO} \rightarrow \text{Co}(\text{BO}_2)_2$ , produktem są metaoksoborany).**

**Peroksoboran sodu ( $\text{NaBO}_3$ ): dodatek wybielający w proszkach do prania.**

## Wykresy korozyjne borowców

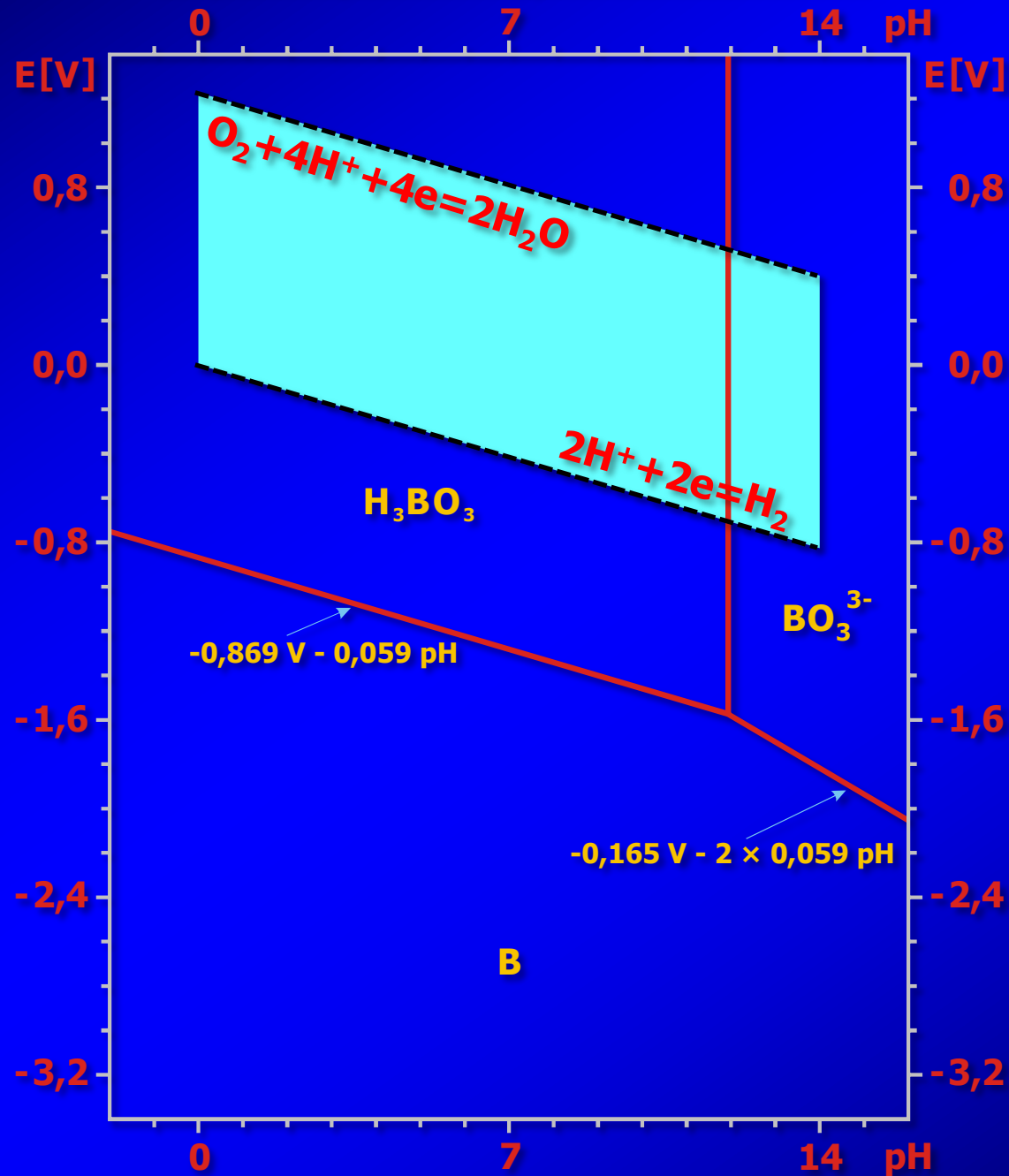
Szereg napięciowy charakteryzuje właściwości redox poszczególnych pierwiastków w środowisku silnie kwaśnym. Poszerzeniem tej charakterystyki na wszystkie roztwory wodne są wykresy korozyjne (wykresy Pourbaix).

Dla berylowców występują aż trzy różne typy wykresów Pourbaix

- charakterystyczne dla niemetalu (B)
- dla metali amfoterycznych dających jeden szereg soli (Al, Ga)
- dla metali amfoterycznych dających dwa szeregi soli (In, Tl)



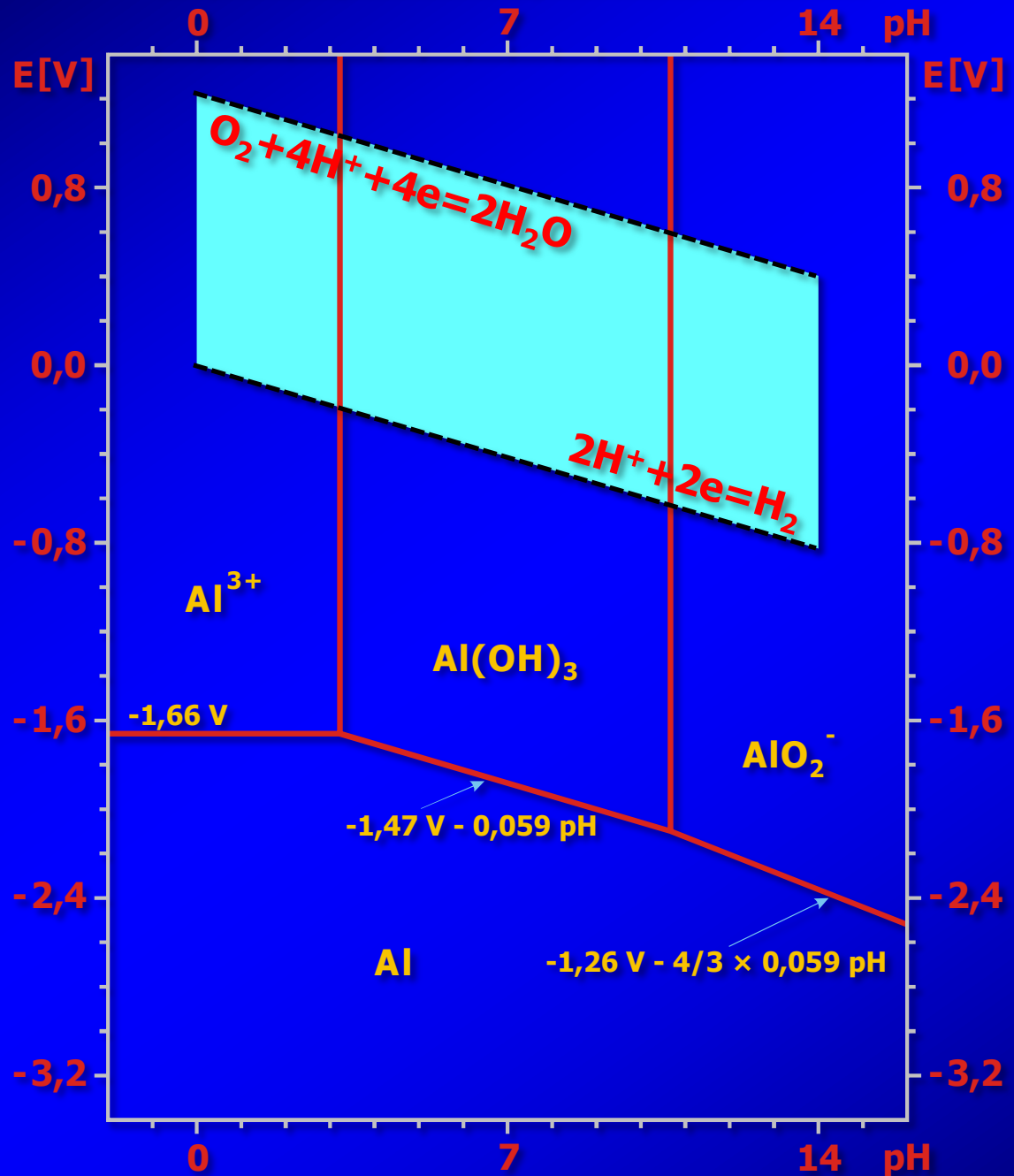
# Wykresy korozyjne borowców



Wykres Pourbaix dla boru

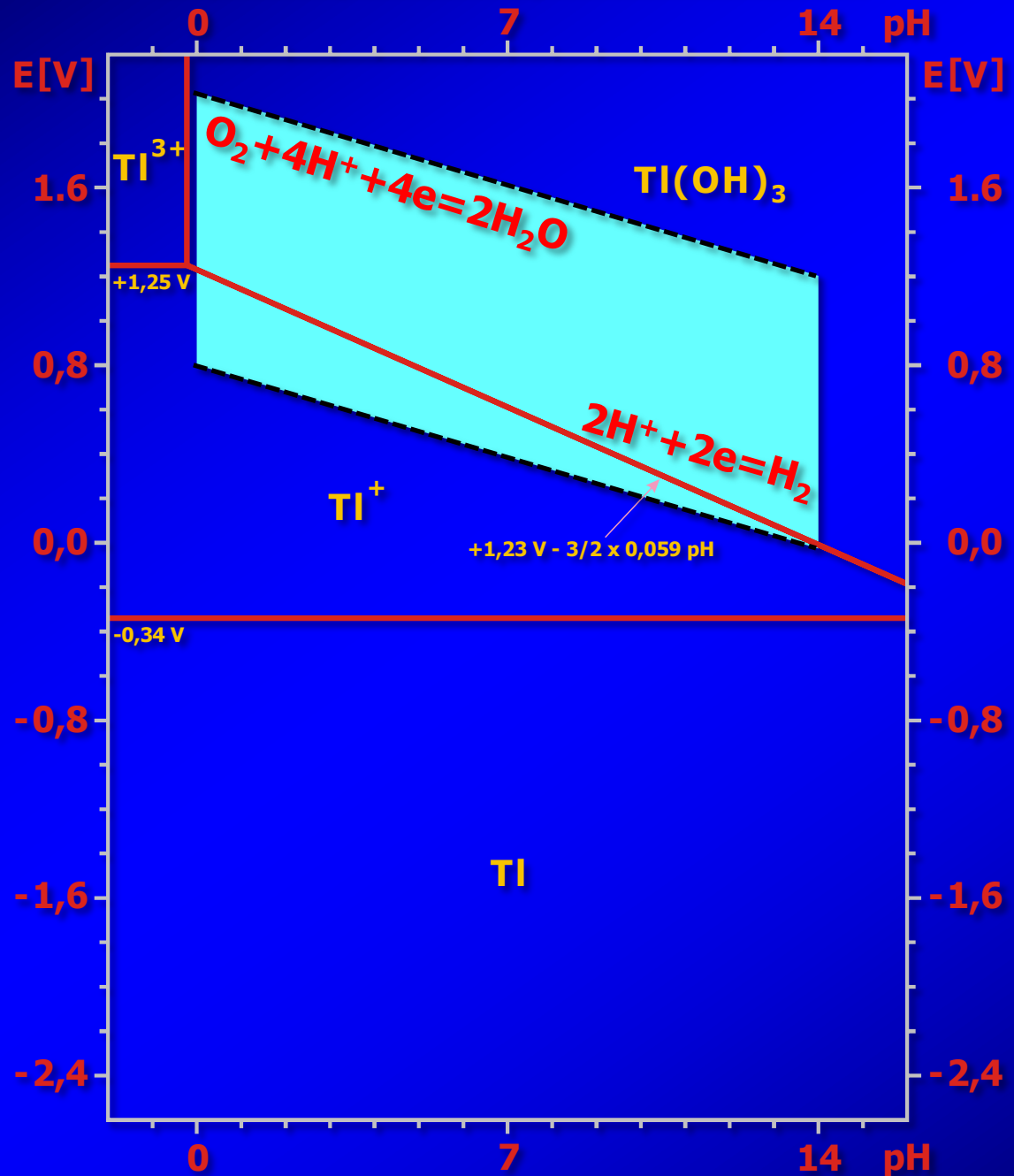


# Wykresy korozyjne borowców



Wykres Pourbaix dla glinu

# Wykresy korozyjne borowców



Wykres Pourbaix dla talu