

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Ober 23 - 34 - 8

výrobní stroje a zařízení

zaměření

sklářské a keramické stroje

Katedra sklářských a keramických strojů

Stroj na měření pevnosti prášku Al_2O_3

Jiří Č a p u c h a

DP 337 / 80

Vedoucí práce: Ing. František Novotný,

**Katedra sklářských a keramických strojů
VŠST Liberec**

Konzultant : Ing. Jan Novosil, CSc

**Ústav teoretických základů chemické techniky
CSAV Praha**

Rozsah práce a příloh

Počet stran	... 55
Počet příloh a tabulek	... 11
Počet obrázků	... 23
Počet výkresů	... 9
Počet modelů nebo jiných příloh	... 0

MDT: 666.002.3.001.4

23.5.1980

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklář. a keram. strojů

Fakulta: strojní

Školní rok: 1979/80

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jiřího Č a p u c h u

obor 23-34-8 Výrobní stroje a zařízení

Zaměření sklářské a keramické stroje

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Přístroj na měření pevnosti prášku Al_2O_3

Pokyny pro vypracování:

Keramické trubice z transparentního korundu určené pro hořáky sodíkových výbojek se vyrábějí ze suchého mikrozrnného prášku $\alpha-Al_2O_3$. Rozdíly ve vlastnostech prášku se nepříznivě promítají do technologičnosti výroby a kvality výrobků, je proto nezbytné jejich zjišťování. Jako vhodné charakteristiky jsou údaje o smykové, resp. tahové pevnosti prášku.

Vášim úkolem bude:

1. Provést literární rešerši problematiky měření pevnostních charakteristik prášků.
2. Navrhnout a konstrukčně zpracovat přístroj pro měření prášku včetně experimentální metodiky.
3. Provést laboratorní zkoušky na modelovém zařízení k ověření funkce přístroje a zhodnocení naměřených hodnot.

Autorské právo se řídí sm.
MŠK pro státní záv. zkoušky
727/62-III/2 ze dne 15. července
1962-Věstník MŠK XVIII, část 24 ze
dne 31. 8. 1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILN.
Ústřední knihovna
LISTEC 1, STUDENTSKÁ
PČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty a výkresovou dokumentací

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Feda, J.: Smyková pevnost písku, Rozpravy ČSAV 1963, seš. 4

Klablena, P., Menzelová, O.: Zjišťovanie šmykovej pevnosti zemin pri cyklickom namáhaní, ALFA Bratislava

Feda, J.: Základy mechaniky partikulárních látek, Academia Praha 1977 (především kap. 5)

Bishop et al.: A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength. Geotechnique 21, 1971, 4; 273-328

Vedoucí diplomové práce: Ing. František Novotný

Konsultanti: Ing. J. Novosad, CSc - ČSAV Praha

Datum zahájení diplomové práce: 8. 10. 1979

Datum odevzdání diplomové práce: 23. 5. 1980

L. S.



Ing. Jaroslav Belda, CSc

Vedoucí katedry

Doc. RNDr. B. Stríž, CSc

Děkan

"Kritická prohlášení, že jsem diplomové práci
vypracoval samostatně a pečlivě studoval literaturu."

7. listopadu, dne 23. 3. 1980

Jiří Čapka

O B S A H

POUŽITÉ SYMBOLY

ÚVOD

1. Rozbor současného stavu problematiky měření pevnosti prášků

1.1. Možnosti popisu pevnostních charakteristik prášků

A. Popis smykové pevnosti

B. Popis tahové pevnosti

1.2. Měřicí metody k určení pevnostních charakteristik prášků

1.2.1. Měření smykové pevnosti

A. Jeníkovo smykový přístroj

B. Trejosý přístroj

1.2.2. Měření tahové pevnosti

1.3. Shrnutí poznatků a závěry pro řešení úkolu

2. Translační přístroj pro měření tahové pevnosti prášků

2.1. Popis přístroje

2.1.1. Konstrukční provedení přístroje

2.1.2. Příprava vzorku

2.1.3. Metodika měření

O B S A H

2.2. Ověření použitelnosti přístroje pro prášky α - Al_2O_3

3.3 Shrnutí poznatků

3. Dokončení výkonného přístroje pro měření tahové pevnosti prášků

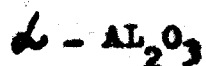
3.1. Modifikovaná konstrukce přístroje

3.1.1. Popis přístroje a metodika měření

3.1.2. Rozbor kinematických poměrů

3.1.3. Tuhost přístroje a rozsah použitelnosti

3.2. Ověření přístroje a jeho aplikace na korundové prášky



4. Experimentální část

4.1. Vliv konsolidace na tahovou pevnost a na měrnou hmotnost (shutnění)

4.2. Závislost tahové pevnosti na :

A. Měrném povrchu

B. Měrné hmotnosti

4.3. Závislost měrné hmotnosti na měrném povrchu

4.4. Vliv vlhkosti na tahovou pevnost

4.5. Shrnutí poznatků

5. Z Á V Ě R

L I T E R A T U R A

POBITE SYMBOLY

α	- polní polní hustota na jednotku plochy těles
β	- k polní hustota na jednotku objemu
δ	- polní hustota plochy hustota dvojice částic k hustota hustota hustota hustota hustota
ϵ	- hustota hustota
η	- hustota hustota hustota
$E(t)$	- hustota hustota
F_n	- hustota hustota
$H(\epsilon)$	- hustota hustota hustota hustota hustota
m_p	- hustota hustota
m_k	- hustota hustota
Δm	- hustota hustota hustota hustota hustota
n_i	- hustota hustota
s	- hustota hustota hustota
s^1	- hustota hustota
s	- hustota hustota
t_k	- hustota hustota
w	- hustota
x	- hustota hustota
$\bar{x}$	- hustota hustota
α_i	- hustota
E	- hustota
μ	- hustota hustota
ρ	- hustota hustota
ρ_k	- hustota hustota hustota
ρ_i	- hustota hustota hustota

FOURTH SYMBOL

- ϕ - universal symbol
- τ - universal symbol
- ϕ_a - universal symbol
- ϕ_b - universal symbol
- ϕ, ϕ_a, ϕ_b - universal symbol
- ϕ_c - universal symbol
- ϕ_d - universal symbol
- ϕ_e - universal symbol
- ϕ_f - universal symbol
- $\phi(g)$ - universal symbol

1. ROZBOR DOUČAŠNÉHO STAVU PROBLEMATIKY NERADY PRVÉHO PŘÍKRU.

1.1. Možnosti popisu prvních charakteristik prvků

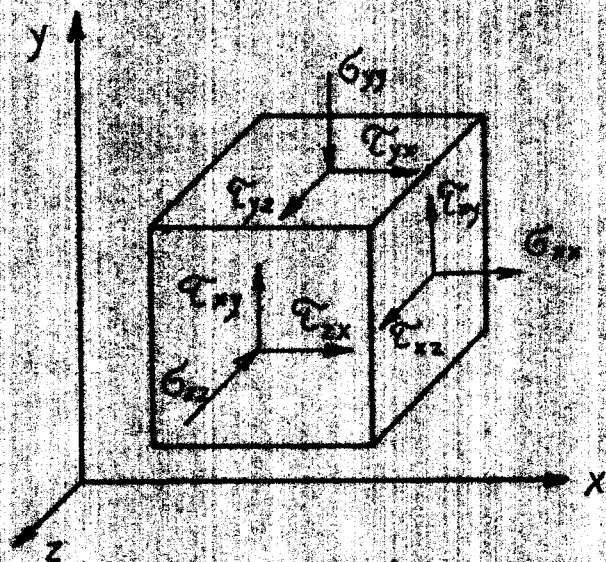
Na první otázku máme odpověď jako na prvním místě
jedná se o jednotlivých prvních částí.

Na druhé otázce máme odpověď prvního řádu jako
všichni první jednotlivých částí mají o prvním se
by první jako se vidí, který se vidí první částí o
se první částí první jako se vidí první, t.j. první
v první, se toto první se vidí o jednotlivých prvních
části, jak se vidí první část o první se vidí.

První částí prvního prvního, který se vidí se
první je, se jako první prvního prvního v první. V první
se vidí první prvního v první, t.j. se vidí prvního
první, a tyto první jako první prvního (a prvního
prvního).

V prvního prvního tyto první prvního. V prvního prvního
prvního prvního prvního a prvního prvního prvního se vidí
prvního. Prvního prvního prvního o se vidí prvního
se vidí prvního prvního. Toto prvního prvního prvního v
prvního prvního o se vidí prvního a prvního. Prvního
se vidí, prvního se se vidí jako prvního.

V prvního se se vidí prvního prvního prvního. V
o se A, prvního prvního prvního se, se se A se se vidí
prvního (se. 1).



Obz. 1. Rozložení napětí na elementární kubus

V obecném případě působí na každý odlišný kubus jistá síla na napětí, která lze rozložit na dvě navzájem působící síly na sílu a na dvě další složky působící v rovině síly (obz. 1).

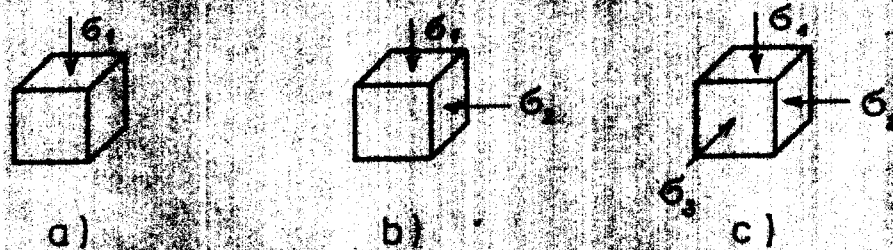
Ověří-li se skutečný elementární kubus v systému pravoúhlém, takto i navzájem napětí na odlišném kubusu se však síla, působící totální napětí nejen konstant v různých polohách síly a ne-
jako konstanty. Znamená to, že navzájem i totální napětí nejen být v kubusu nejen jist. Skutek působí se napětí obecně prostetorem ne-
prostetci v kubu A.

Napětí v kubu je určeno, jist-li kubus skutek napětí nejen jistě složky působící ve třech různých rovinách prosteteci-
něk kubu.

Kubí, že skutek i volně jistě síly, ve kterých jistě
napětí napětí nejen σ /.

Napětí navzájem jistě kubu, kubu napětí

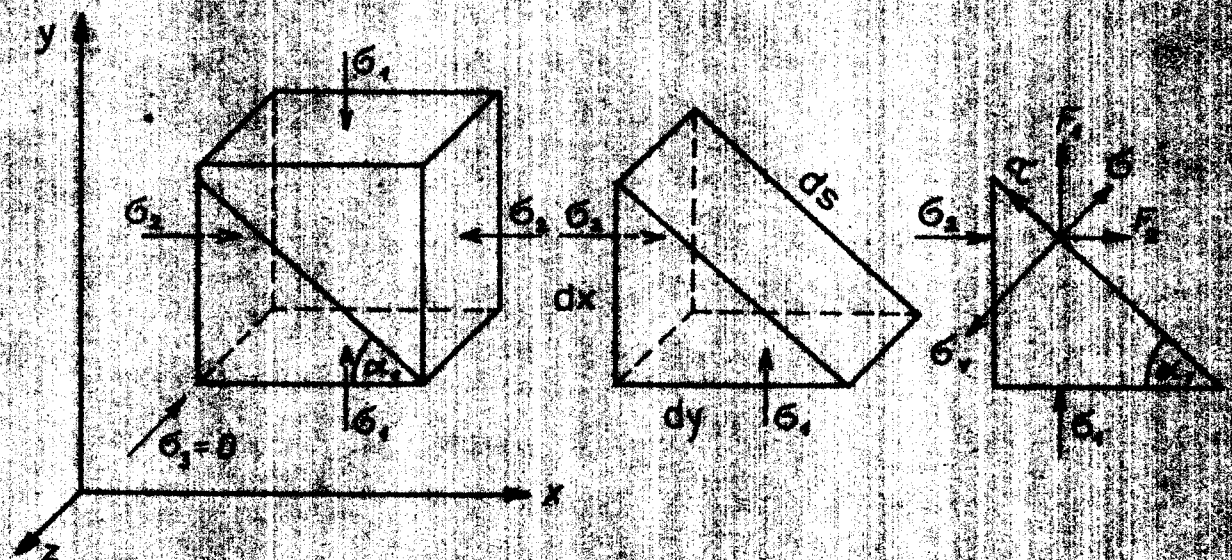
V mechanice součin je součinem pro normované napětí tato
 normovaná konstanta: $\sigma_1 = \text{tlak}$, $\sigma_2 = \text{tah}$



Obr. 2. Příklady obecné napjatosti

- a) Jednosměrný tlak $\sigma_1, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$
- b) Dvousměrný tlak $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 = 0$
- c) Třísměrný tlak $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$

Výsledkem jsou rovnice sil v systému protějších se pohybných
 orientovaných napětí.



Obr. 3. Výsledky z trojrozměrného pohybu v podmínkách
 orientovaných prostorových napětí

$$\sigma_1 = \sigma_1 \cos \alpha$$

$$\sigma_2 = \sigma_2 \cos \beta$$

$$\sigma_3 = \text{celkový normovaný napětí}$$

komponenty síly ve směru rovnoběžky:

$$F_x = F_{1x} + F_{2x}$$

$$\sigma \cdot \Delta x = \sigma_1 \Delta x_1 + \sigma_2 \Delta x_2 = \sigma_1 \cos \alpha_1 \Delta x + \sigma_2 \sin \alpha_1 \Delta x$$

$$\Delta x = \Delta x \sin \alpha_1$$

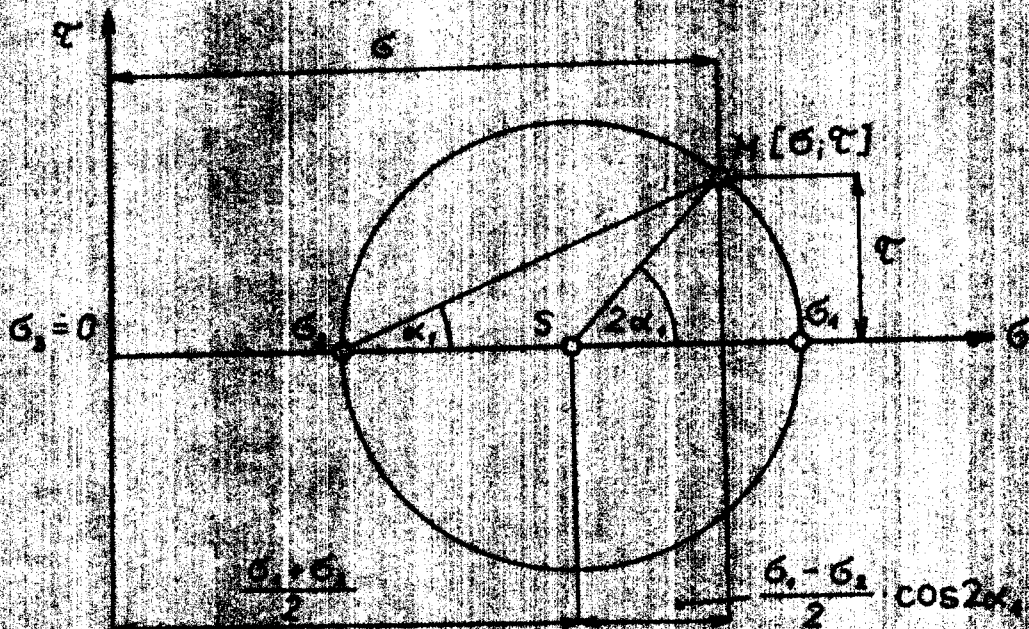
$$\Delta y = \Delta x \cos \alpha_1$$

$$\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha_1 + \sigma_2 \sin^2 \alpha_1$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha_1 \quad (1)$$

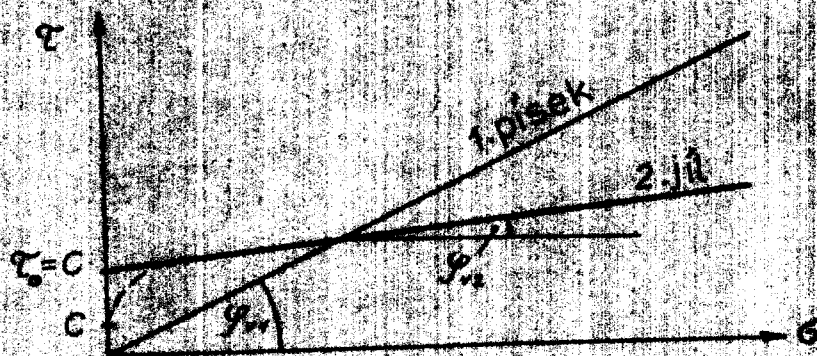
$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha_1 \quad (2)$$

Výsledky (1) a (2) vyjádříme graficky na tahu M ve Mohrově kružnici.



Obr. 4. Mohrova kružnice

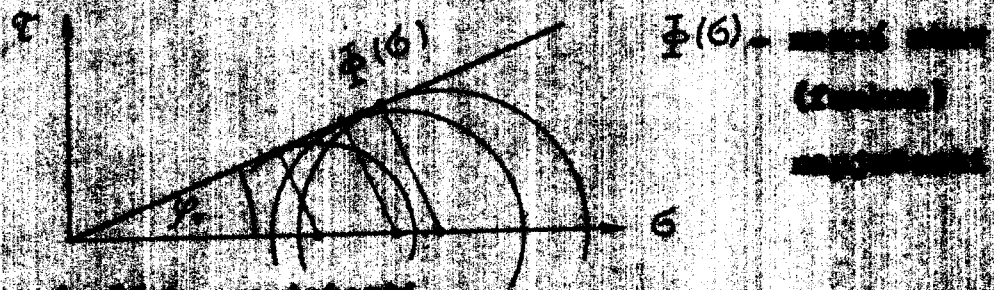
Kružnice určuje nás výsledky složek napětí libovolně.



Obr. 5. Grafické vyjádření vztahů (3) a (4)

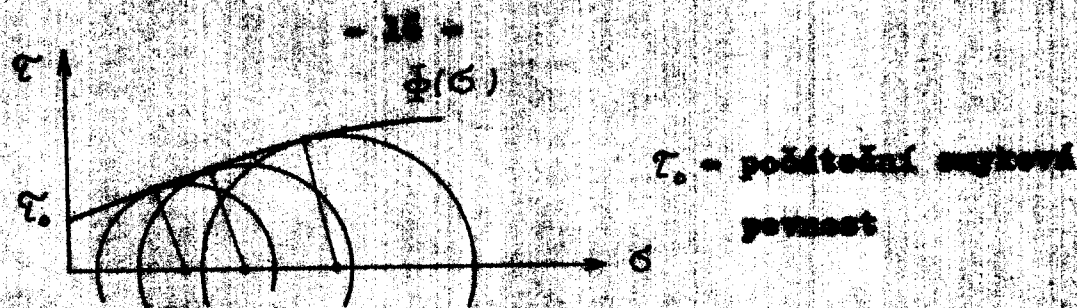
Pro větší velikosti a hodnoty napětí σ a τ dochází k posuvu (smyknutí) povrchu systému materiálu a dochází k nerovnováze, tj. k dostatečnému tlaku. Tato situace nejvíce porušuje rovnováhu. Při menších stavech tlakové kladnice vytváří stabilní, kterou nejvíce není porušena tlakem nebo není funkce napětí.

Pro soustředěný systém, který je ideální systém ($\sigma = 0$) má menší funkce tvar příčky.



Obr. 6. Menší stave napětí

Pro soustředěný systém, který je ideální ($\sigma = 0$), má menší funkce tvar příčky.



Obr. 7. Menší křivka napjatosti

Jenže provedl smykové pevnosti velkého počtu sypkých materiálů a pomocí měřnice menší funkce navrhl následující klasifikaci:

Materiály	Měřnice $\bar{\phi}(\sigma)$
Velmi současně a současně	$> 0,5$
Středně současně	$0,5 - 0,25$
Málo současně	$0,25 - 0,1$
Velmi tahaví	$< 0,1$

Tab. 1. Rozdělení sypkých materiálů podle měřnice $\bar{\phi}(\sigma)$

3) Popis tahové pevnosti

Popisy v literárních pracích lze rozdělit na dvě skupiny. V první skupině prací jsou uváděny různé empirické vztahy mezi tahovou pevností σ_t , komolizáčním napětím σ_k , objemovou hustotou ρ , přírůstkem porovnaní ϵ .

Ve druhé skupině prací se uvádí snahy odvodit teoretické vztahy, které by vytychovaly působení současných sil mezi částicemi.

Každá máli jednotný odraz, který přístup je nejvýhodnější

171.

Author	Equation
Adkins, 1957	$G = 10^4 (P/P_0)^{1.2}$
Adams	$G = 10^4 (P/P_0)^{1.2}$
Barley	$G = 10^4 (P/P_0)^{1.2}$
Yakovlev	$G = 10^4 (1 - E)^{1.2}$
Barley	$G = 10^4 (1 - E)^{1.2}$
Yakovlev	$G = 10^4 (1 - E)^{1.2}$
Williams	$G = 10^4 G_k$
Barley	$G = 10^4 G_k$
Adams	$G = 10^4 + 10^4 E$
Yakovlev	$G = 10^4 + 10^4 E$
Barley	$G = 10^4 + 10^4 E$
Yakovlev	$G = \frac{9}{2} \frac{(1-E)}{E} \frac{H(E)}{E}$
Barley	$G = \frac{1-E}{E} \frac{H(E)}{E^2}$
Yakovlev	$G = \frac{1}{2} \frac{H(E)}{E^2} (1-E) E$

Tab. 1. Various models for the power spectrum

where G_k is the power spectrum at $k=0$, E is the energy, $H(E)$ is the power spectrum at E .

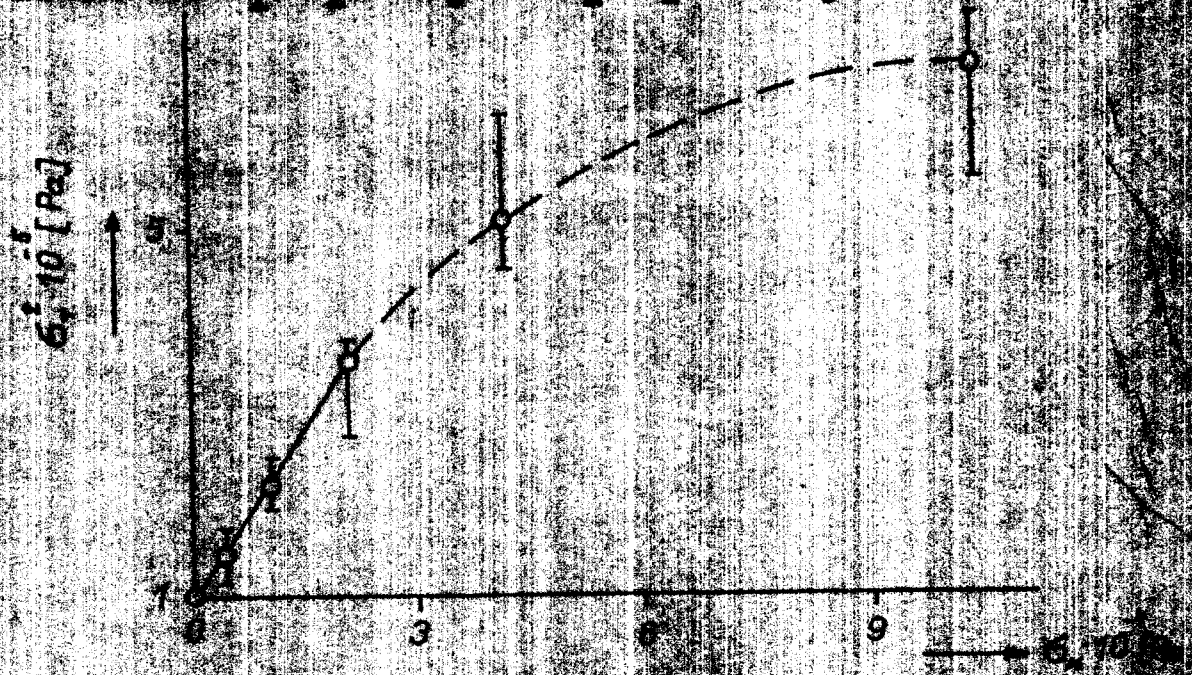


Fig. 2. Various models for the power spectrum in the case of the power spectrum

1.2. Měření namáhání a měření geometrických charakteristik

K měření geometrických charakteristik používáme různé druhy měřících přístrojů.

K měření odporů používáme jako nejvhodnější odporové kladky, které představuje a tvoří přístroj / 3 /.

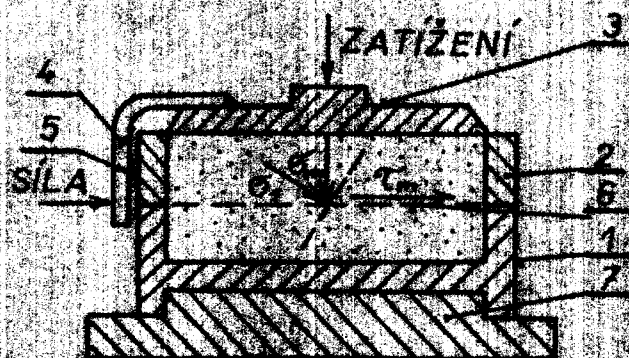
Měření odporových kladek je jejich jednoduchost, které patří ke standardním výměrným látkám. V mechanismech patří ke nejvhodnějšímu použití kompenzační odporové kladky a tvoří přístroj / 1 / a v mechanismech otáčivých součástí, včetně hřídelových kladek, se nejvíce používá špičkové odporové kladky / 2 /.

Pro měření tahové pevnosti se používá pevnostní jednoduchých geometrických přístrojů, na kterých je velmi snadné viz kontrolovat na tahové pevnosti a měřit hodnoty odporových kladek.

1.2.1. Měření odporové pevnosti

Pro měření odporové pevnosti měřících odporových kladek je nejvíce vhodné špičkové odporové kladky a v mechanismech patří ke nejvhodnějšímu použití.

A. Špičkové odporové kladky



- 1 - jádro
- 2 - skořinka
- 3 - špička
- 4 - síla
- 5 - jádro
- 6 - skořinka
- 7 - měřící přístroj

Obr. 2. Špičkové odporové přístroje

1.3. Shrnutí poznatků a závěry pro řešení úkolu.

Na základě provedeného rozboru lze učinit některé závěry, ze kterých je nutno vycházet při řešení problému pevnostních charakteristik korundových prášků.

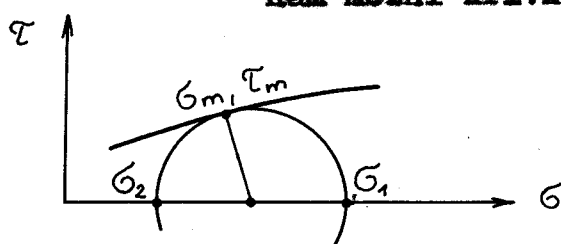
1. Zjišťování smykové pevnosti sypkých materiálů vyžaduje složité měřicí zařízení a je časově velmi zdlouhavé.

2. Při určování tahové pevnosti sypkých materiálů se používají velmi jednoduché měřicí přístroje a je možno stanovit vliv konsolidace na tahovou pevnost a zhutnění těchto materiálů.

3. Pro svoji jednoduchost, malou hmotnost a mobilnost je možné používat přístroje pro měření tahové pevnosti přímo v provozech, čímž se může urychlit zjišťování parametrů sypkých materiálů, jež vstupují do výrobního procesu.

Schematicky je Jenikého smyková krabice znázorněna na obrázku 9. Na víčko se přikládají závaží, která v sypké hmotě vyvozuji napětí σ . Na svorku 4 se vyvozuje síla v rovině rozhraní misky a kroužku, která v sypkém materiálu vyvolává tečné napětí τ .

Pokusy se provádí pro různá závaží na víčku (odpovídající různým σ) a měří se síla na svorce (odpovídající τ) potřebná k usmyknutí vzorku. Výsledky se vynášejí do grafu a představují nám mezní křivku.

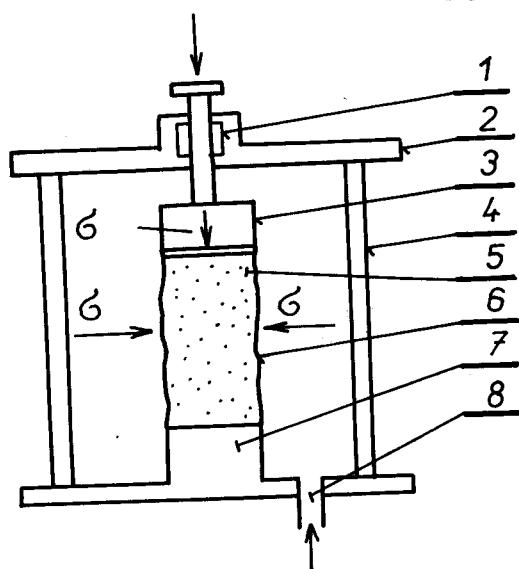


Obr. 10. Mezní křivka stanovená na Jenikého smykovém přístroji

Každý bod určuje jednu mezní napjatost σ_m, τ_m . Odpovídající Mohrovu kružnici pro určitou mezní napjatost sestrojíme tak, že se sestrojí kružnice, která je tečná k mezní křivce a její střed leží na ose σ . Je patrné, že k sestrojení mezní Mohrovy kružnice stačí jeden bod a mezní křivka.

B. Trojosý přístroj

Trojosý smykový přístroj je dosti složité zařízení a používá se převážně při určování pevnostních charakteristik zemin.



- 1 - těsnění
- 2 - víko
- 3 - píst
- 4 - skleněný válec
- 5 - vzorek
- 6 - gumová membrána
- 7 - podstava
- 8 - plášťový
hydrostatický
tlak

Obr. 11. Trojosý smykový přístroj

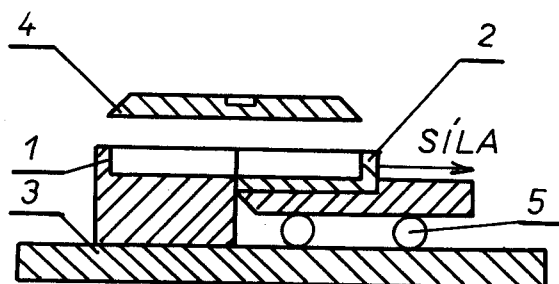
Vzorek v gumové membráně je umístěn ve skleněném válci 4, ve kterém lze nastavovat požadovaný tlak kapaliny. Tlak kapaliny vyvozuje na sypkou hmotu přes gumovou membránu hydrostatický tlak, který je kolmý k povrchu, a proto vyvozuje hlavní napětí, které označujeme σ_r (radiální). Píst působí kolmo na vzorek, a proto též vyvozuje hlavní napětí, které označujeme σ_q (axiální). Platí že: $\sigma_1 = \sigma_q$; $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_r$

Pro různé kombinace σ_q , σ_r můžeme sestrojit mezní Mohrovy kružnice. Ukazuje se, že ke všem těmto mezním kružnicím můžeme sestrojit dvě obálky. Jedna obálka je v oblasti kladných hodnot τ a druhá v oblasti záporných hodnot τ , přičemž obálky jsou symetrické podle osy σ . V obecném případě tyto obálky jsou křivkami, vytínajícími na ose τ určitý úsek a mírně vypouklé směrem nahoru. Pro nesoudržné, dobře tekoucí materiály bývají tyto obálky přímkové a procházejí počátkem.

1.2.2. Měření tahové pevnosti

Tahová vřpevnost má tu výhodu, že její stanovení nevyžaduje příliš náročné zařízení pro měření a lze přitom podle ní stanovit vřiv konsolidace. Přehledné referáty o této měřící technice uvádí Sutton, Schubert a v Japonsku Shinohara a Tanaka / 6 /. Většina přístrojů pro měření tahové pevnosti vychází z přístroje sestaveného Ashtonem, Farteyem a Valentinem. Jejich systém měření tahové síly byl zjednodušen Schu-

bertem a Wibowem.



- 1 - pevná polovina misky
- 2 - pohyblivá polovina misky
- 3 - základová deska
- 4 - konsolidační víčko
- 5 - kuličky

Obr. 12. Schema translačního tahového přístroje

Další konstrukční zdekonalení je popsáno v československém autorském osvědčení 169227 / 6 /. Pokusy se provádí pro různá závaží na víčku (odpovídající různým σ_k). Po definované konsolidační době se závaží z víčka odstraní a určuje se síla potřebná k přetržení vzorku v trhací ploše. Trhací síla odpovídá tahové napětí (pevnost) σ_r .

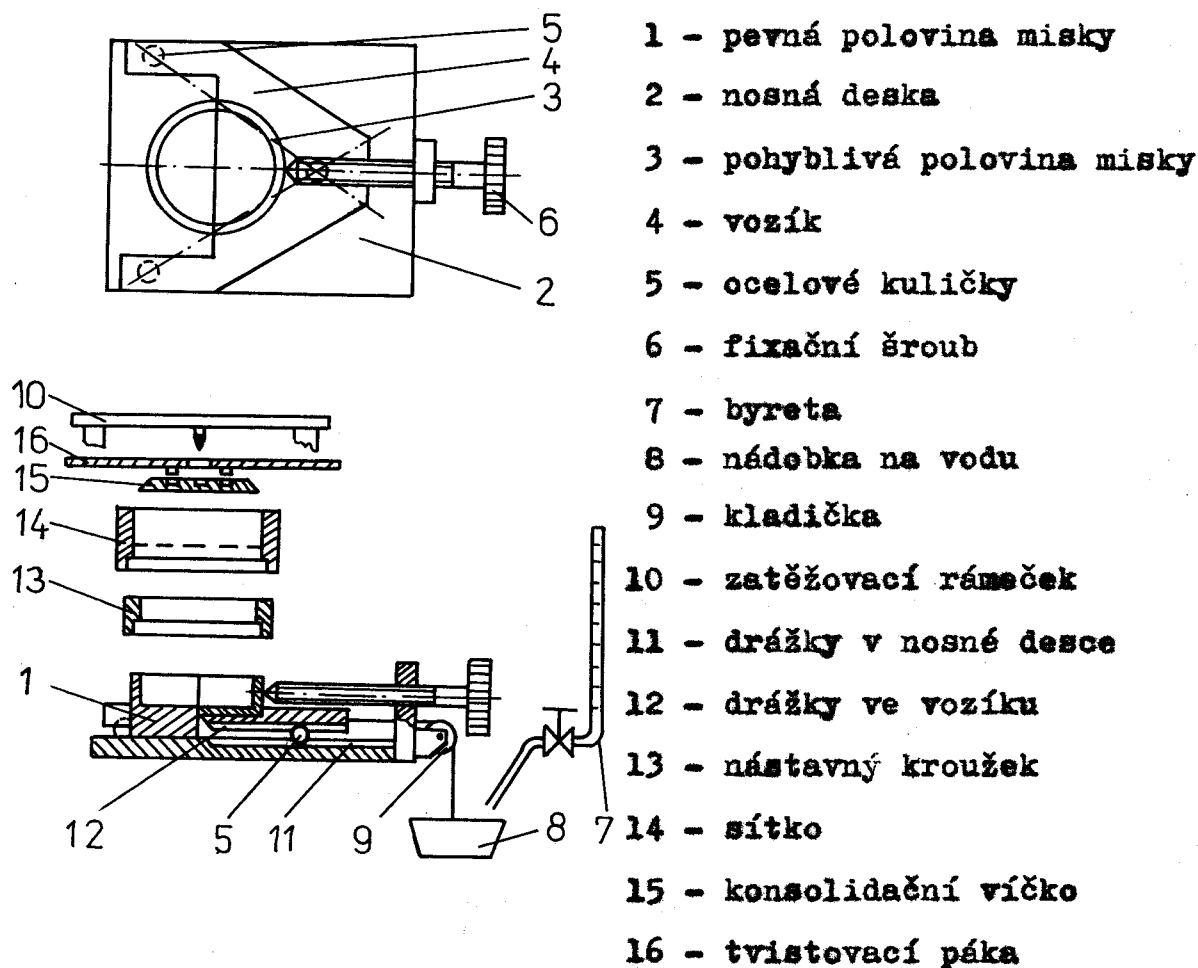
Výsledky se vynáší do grafu a představují nám závislost tahového napětí na konsolidačním napětí. Při měření je možno sledovat i zhutnění vzorku pro různá konsolidační napětí.

2. TRANSLAČNÍ PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ TAHOVÝCH PEVNOSTÍ PRÁŠKŮ

2. 1. Popis přístroje

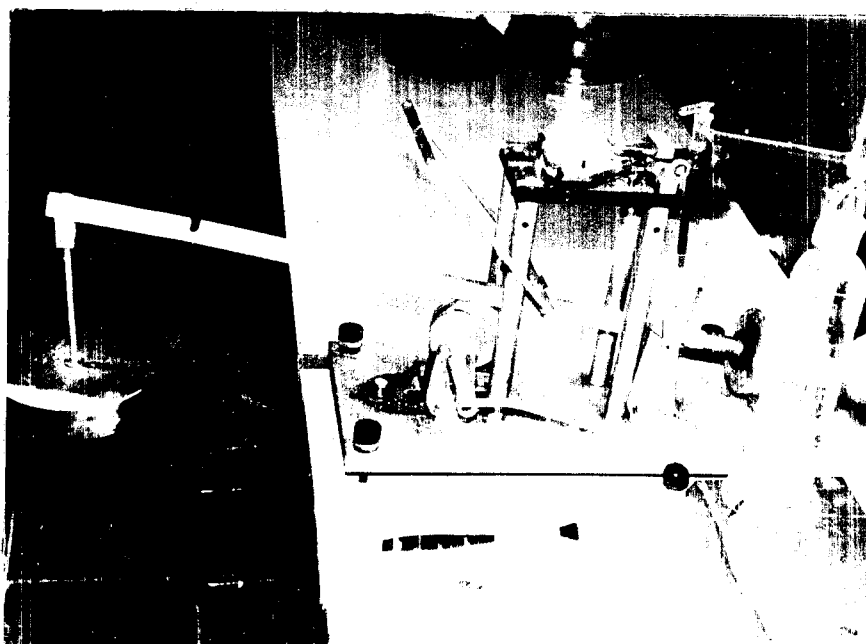
V počáteční fázi měření tahové pevnosti korundových prášků byl použit přístroj pro měření tahové pevnosti prášků, který byl vyvinut ve Výzkumném ústavu základně chemické techniky ČSAV v Praze /6/. Kromě tahové pevnosti na tomto přístroji je možno zjišťovat objemovou hmotnost prášků. Jedná se o translační přístroj ve kterém se trhá prášková tableta.

2. 1. 1. Konstrukční provedení přístroje



Obr. 13. Schéma přístroje tahové pevnosti sypkých materiálů

Zařízení je schematicky znázorněno na obrázku 13. Miska má průměr 50 mm, výšku 5 mm, má zdrsňené vnitřní stěny a je vertikálně rozdělena na dvě poloviny. Jedna polovina je pevná (1) a je přichycena k nosné desce (2). Druhá polovina (3) je pohyblivá a je přichycena k vozíku (4). Vozík se pohybuje po třech kuličkách, (5) vedených v drážkách v nosné desce i vozíku. Vozík lze zafixovat šroubem (6) tak, že obě poloviny misky tvoří celek. Tahová síla se vyvozuje přikapáváním vody z byrety (7) do lehké nádoby (8), jež je zavěšena přes kladičku (9) k vozíku (4).



Obr. 14. Celkový pohled na přístroj tahové pevnosti

Na obrázku 14 je fotografie celého zařízení. Je vidět způsob zatěžování konsolidační silou pomocí rámečku (10), páky a závaží. Rámeček je na fotografii odklopený. Páka je opřena o excentr s klikou, pomocí níž lze postupně zvyšovat konsolidační zatížení na vzorek.

Z praktických zkušeností vyplynuly některé poznatky pro konstrukci přístroje. Předně je nutno sestrojiti dostatečně tuhý vozík, aby se nedeformoval při zatížení konsolidační silou. K poruše konsolidovaného vzorku dojde při vzdálení obou polovin misek od sebe o méně než jeden mikrometr. Je tedy nebezpečí, že by se mohl vozík při odlehčení vzorku po deformaci při zatěžování vrátit do původní polohy a vzorek by se mohl částečně narušit, takže by se naměřily nižší hodnoty. Požadavek tuhosti však zvyšuje hmotnost vozíku, a tím se snižuje citlivost měření. Je proto nutné se snažit o co největší tuhost při co nejmenší hmotnosti.

Ze stejných důvodů je nutno zabezpečit dostatečnou stabilitu vozíku a zejména dbát na to, aby nedošlo ani k nepatrnému naklopení vozíku při zatěžování konsolidační silou. To je zabezpečeno tvarem vozíku a rozmístěním opěrných kuliček (5), obrázek 1.

Další důležitou zásadou, kterou je nutno dodržet je, že se vozík musí vzdalovat od pevné části misky naprosto kolmo k půlící rovině. Tento požadavek je u popsaného přístroje zabezpečen drážkami (10) v nosné desce i drážkami (12) ve vozíku. Řešení drážek podle popsaného návodu je však výrobně značně náročné neboť, drážky v základně i vozíku musí být naprosto rovnoběžné a velmi dobře opracované tak, aby v drážkách nebyly žádné nerovnosti, což si vyžaduje ruční lapování. Dále je nutno zabezpečit, aby základna i vozík měly dotyk s každou kuličkou ve dvou bodech. Je samozřejmé, že při měření je nutno dbát mimořádně pečlivost, aby částičky práškového podílu nevnikaly do ložiska kladičky a aby se nenanesly na kuličky a drážky, neboť sebemenší zadrhnutí kuličky či kladičky znehodnotí měření.

2.1.2. Příprava vzorku

Úspěch celého měření do značné míry závisí na přípravě vzorku. Zejména je nutno dbát na to, aby byl sypký materiál v misce stejnorodý, t.j. aby nebyla místa s větší hutností a místa s menší hutností. To by pak způsobovalo, že některá místa v ploše roztržení by přenášela větší tahovou sílu a některá menší a získaly by se nereprodukovatelné výsledky. Jeden způsob, jak dopomoci přípravě stejnorodého vzorku je tzv. "tvistování". Spočívá v tom, že se zatížené víčko (s hladkým povrchem) několikrát protáhne po povrchu vzorku doprava a doleva o určitý úhel, např. 45° nebo 90° . Tímto postupem se samozřejmě zvýší zhutnění vzorku, takže vzorek pak vykazuje vyšší tahovou pevnost než při stejné konsolidační síle bez tvistování. Tvistováním se však na vzorek přenáší ne zcela definované síly, takže prozatím názor na tvistování při trhacích zkouškách není zcela jednotný.

2.1.3. Metodika měření

Stavěcími šrouby, které jsou vidět na fotografii, se celý přístroj nakloní tak, aby hmotnost prázdné nádoby neuvedla vozík do pohybu a aby bylo zapotřebí přikapat velmi malé množství vody (např. 2 ml), aby se vozík uvedl do pohybu. Tento nulový chod přístroje se stanoví před každým měřením.

Při vlastním měření se vozík (4) nejprve zafixuje šroubem (6). Na miskou se nasadí nastavný kroužek (13) a na něj sítko (14) s pletivem s otvory asi 0,5 mm. Prostor pod sítkem se pak vyplní tak, že sypký materiál se nanáší na sítko a roztírá se.

Sítka se pak odstraní a materiál se zarovná ostrou rovnou hranou s horním okrajem nastavného kroužku a na hladinu se přiloží konsolidační víčko (15), které má hladký povrch. Na víčko se přiloží tvistovací páka (16) a hrot rámečku (10) a pákovým mechanismem se na vyvedí požadovaná konsolidační síla. Tvistovací pákou se pak několikrát protáhne víčko po povrchu doprava a doleva o definovaný úhel.

V případě, že se zkoumá vliv časové konsolidace, nechá se konsolidační síla působit určitou stanovenou dobu, např. 1 h, 24 h apod. Následuje-li se vliv časové konsolidace, ponechá se konsolidační síla působit definovanou krátkou dobu, např. 1 min nebo 5 min. Po konsolidaci, buď normální nebo časové, se odstraní konsolidační síla, tvistovací páka, víčko i nastavný kroužek a hladina se zarovná ostrou rovnou hranou s okrajem misky.

Fixační šroub se uvolní a z byřety se začne přikapávat do nádobky voda. Jakmile se vzorek přetrhne, uzavře se kohoutek u byřety a tahová pevnost se určí z plochy roztržení (u popisovaného přístroje $2,5 \text{ cm}^2$) a hmotnosti vody v nádobce, od níž se odečte množství vody spotřebované při určování nulového chodu přístroje. Důležitou součástí měření je určení objemové hmotnosti vzorku po konsolidaci. Vzhledem k tomu, že nelze vážit celý vzorek, určuje se objemová hmotnost pouze té části vzorku, jež je na vozíku. Váží se vzorek po roztržení i s vozíkem a hmotnost vozíku se pak odečte.

Při vhodném měření bývá lom vzorku dostatečně rovný (obr.15), takže stanovení objemové hmotnosti z poloviny vzorku je dostatečně přesné. Je-li lom vykousnutý z jedné či druhé poloviny, znamená to obvykle, že vzorek nebyl vhodně připraven.



Obr. 15. Pohled na roztržený vzorek

Při určování konsolidační síly je nutno určit celou její hodnotu, tj. včetně hmotnosti víčka, tvistovací páky (provádí-li se tvistování) a poleviny hmotnosti vzorku, představující střední hodnotu hodnoty hmotností po výšce.

Při fixaci vozíku je nutno šroub dotáhnout velmi lehce, tak, aby vozík neměl vůli, ale aby se pohyblivá část misky ani trochu nezdeformovala. Kdyby k deformaci došlo, vzorek^{by} se mohl částečně narušit při uvolňování fixace.

Při zarovnávání hladiny s okrajem misky po konsolidaci je nutno dbát na to, aby se seřezávala hladina vyšší než 1 mm a nižší než 3 mm. V případě, že se nedosáhne těchto mezí, je nutno volit nastavný kroužek o jiné výšce. Před delší přestávkou v měření je nutno kuličky i drážky konzervovat olejem, aby nedošlo ke korozi a před měřením je nutno je pečlivě vyčistit rozpouštědlem.

2.2. Ověření použitelnosti přístroje pro prášky ~~do~~ AL_2O_3

Funkce přístroje byla ověřena na dvou druzích korundových prášků α - AL_2O_3 s různými měrnými povrchy. Prášky byly označeny U 17 a H 37. Pro každý prášek byla provedena série měření tahové pevnosti a objemové hmotnosti při definované konsolidaci.

Konsolidační tlak byl pro oba prášky stejný a jeho hodnotou byla $\sigma_k = 0,125$ MPa.

Naměřené hodnoty byly shrnuty do tabulek 4. a 5. a byly statisticky vyhodnoceny (tab.3.). Jako vhodné parametry byly vybrány tyto charakteristiky: výběrový průměr $\bar{x}$, výběrový rozptyl s^2 , směrodatná odchylka s , interval spolehlivosti μ (konfidenční int.)

Vzorek	U 17		H 37	
Měrná vel. veličina	σ_T /Pa/	ρ / kg m^{-3} /	σ_T /Pa/	ρ / kgm^{-3} /
n	10	10	10	10
$\bar{x}$	19,87	444,82	151,69	552,15
s^2	104,73	2,20	725,39	10,93
s	10,23	1,48	26,93	3,306
μ	12,55-27,19	443,76-445,88	132,43-170,95	549,78-554,52

Tab. 3. Vypočtené statistické charakteristiky tahové pevnosti a objemové hmotnosti korundových prášků U 17 a H 37.

Z naměřených a vypočtených hodnot je patrný značný rozptyl tahových pevností při jednotlivých měřeních, kdežto objemová hmotnost byla měřena s velmi malými rozdíly a její hodnota je dostatečně přesná. Pro měření objemové hmotnosti je přístroj velmi vhodný, ale je nevhodný pro měření tahové pevnosti korund. prášků.

čís. měř.	m_0 /g/	m_k /g/	Δm /g/	σ_T /Pa/	m 1/2 T	ρ_{ok} /kg m ⁻³ /
1	4,3200	4,9900	0,6700	26,80	2,1919	446,60
2	5,3700	5,7015	0,3315	13,26	2,1782	443,90
3	5,6100	5,9450	0,2350	9,40	2,1852	445,30
4	5,0981	5,3015	0,2034	8,14	2,1904	446,40
5	3,5745	3,9223	0,3478	13,91	2,1691	442,10
6	3,5633	3,8660	0,3027	12,10	2,1757	443,50
7	3,5736	4,1062	0,5326	20,90	2,1893	446,20
8	3,5632	4,1953	0,6321	25,28	2,1836	445,10
9	3,5606	4,5496	0,9890	39,56	2,1859	445,50
10	3,5667	4,3003	0,7336	29,34	2,1765	443,60

Tab. 4. Tahová pevnost a objemová hmotnost korundového prášku U 17. Konsolidační tlak $\sigma_k=0,125$ MPa, doba konsol. $t_k=3$ min.

čís. měř.	m_0 /g/	m_k /g/	Δm /g/	σ_T /Pa/	m 1/2 T	ρ_{ok} / $\frac{kg}{m^3}$ /
1	3,5612	7,0453	3,4841	139,36	2,7037	551,07
2	3,5612	7,5950	4,0338	161,35	2,7102	552,40
3	3,5610	6,9066	3,3456	133,83	2,7280	556,03
4	3,5624	8,0000	4,4376	177,50	2,7258	555,58
5	3,5650	7,7405	4,1755	167,02	2,8109	552,09
6	3,5625	7,4875	3,9250	157,00	2,7121	552,80
7	3,5625	8,4612	4,8987	195,95	2,6992	550,20
8	3,5675	6,1364	2,5689	102,76	2,7201	544,40
9	3,5640	7,4673	3,9033	156,13	2,7099	552,30
10	3,5667	6,7156	3,1489	125,96	2,7212	554,60

Tab. 5. Tahová pevnost a objemová hmotnost korund. prášku H 37. Konsolidační tlak $\sigma_k=0,125$ MPa, doba konsolidace $t_k=3$ min.

3.3. Shrnutí poznatků a výsledků

Při ověřování použitelnosti přístroje pro měření korundových prášků α - Al_2O_3 se dospělo k těmto poznatkům :

- a) Klínové drážky se v průběhu měření obrušují značně abrazivními korundovými prášky, což způsobuje zadrhávání vodících kuliček. Seběmenší zadrhnutí kuličky výsledek měření zkreslí nebo zcela znehodnotí, což vede k nereprodukovatelným výsledkům. Zabránit vnikání korundového prášku do klínových drážek však není možné, takže je nutné po každém jednotlivém měření klínové drážky i kuličky pečlivě vyčistit. Tím se značně prodlužuje čas měření.
- b) Nastavení nulového chodu je velmi pracné a nepřesné. Při opakovaném nastavování nulového chodu dochází ke značnému rozptylu hodnot nulovacích hmotností. Hlavní příčinou je rychle postupující abraze klínových drážek a dále nedefinované kohezní síly mezi poměrně masivními polovinami misky. Přesné nastavení nulového chodu do značné míry ovlivňuje výsledek měření.
- c) Minimální citlivost přístroje se udává 50 Pa /6/. Při měření vzorku U 17 však byly naměřeny hodnoty značně pod touto hranicí, což zpochybňuje spolehlivost naměřených hodnot.
- d) Z uvedených příčin se přístroj pro měření tahové pevnosti korundových prášků jeví jako nevhodný.

Měření objemové hmotnosti je na tomto přístroji velmi spolehlivé a vede ke značně přesným a reprodukovatelným výsledkům.

3. DOKONČENÍ VÝKYVNÉHO PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ TAHOVÝCH PEVNOSTÍ PRÁŠKŮ

3.1. Modifikovaná konstrukce přístroje

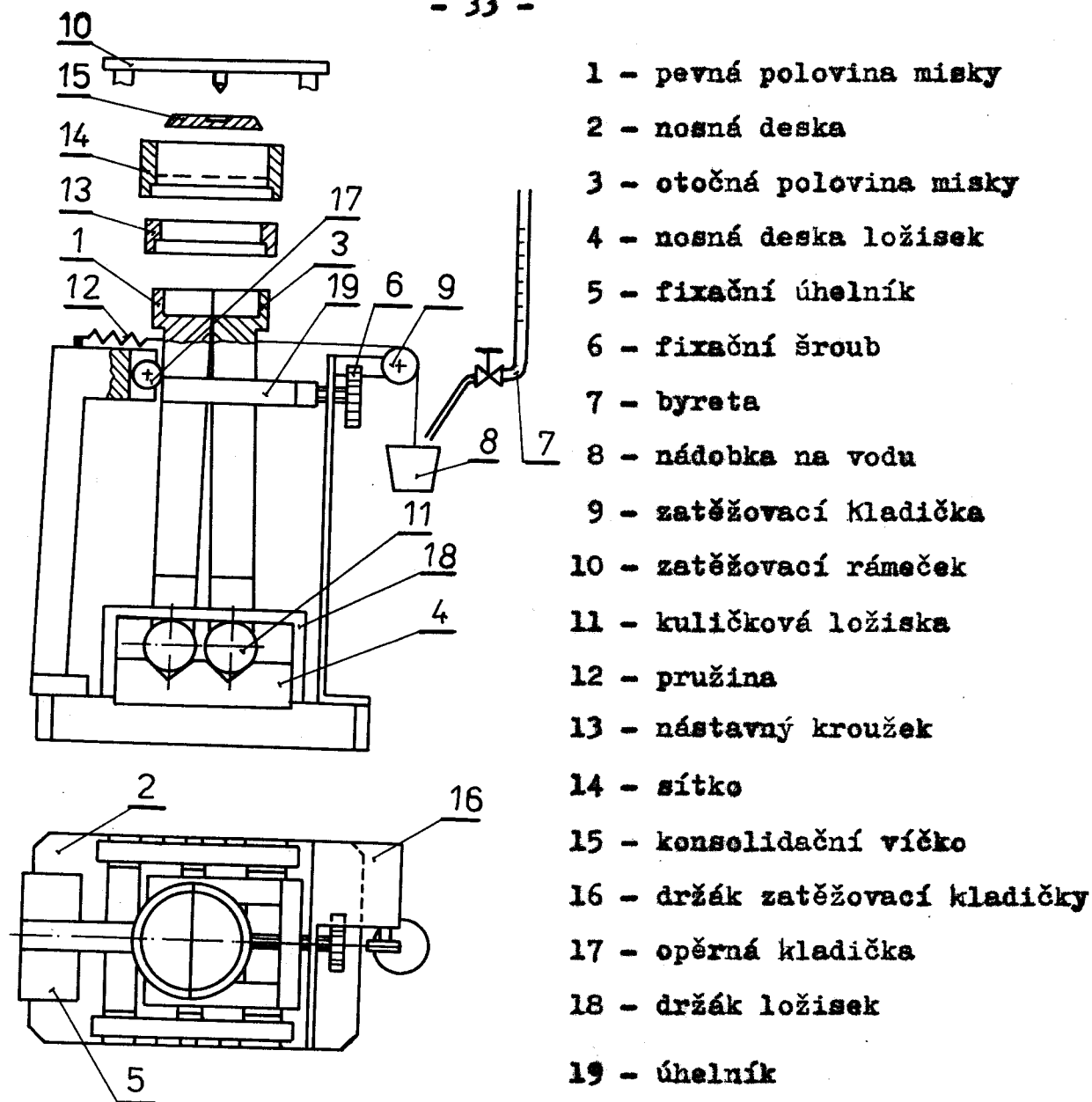
Ve druhé fázi měření tahových pevností korundových prášků byl konstrukčně dokončen a ověřen přístroj pro měření tahových pevností prášků, jež byl koncepčně vyvinut a konstrukčně rozpracován ve Výzkumném ústavu základů chemické techniky, ČSAV v Praze. Dokončen a ověřen byl tento přístroj na Katedře sklářství a keramiky VŠST v Liberci.

Jedná se o přístroj s výkyvnou polovinou misky, ve které se trhá prášková tableta.

3.1.1. Popis přístroje a metodika měření

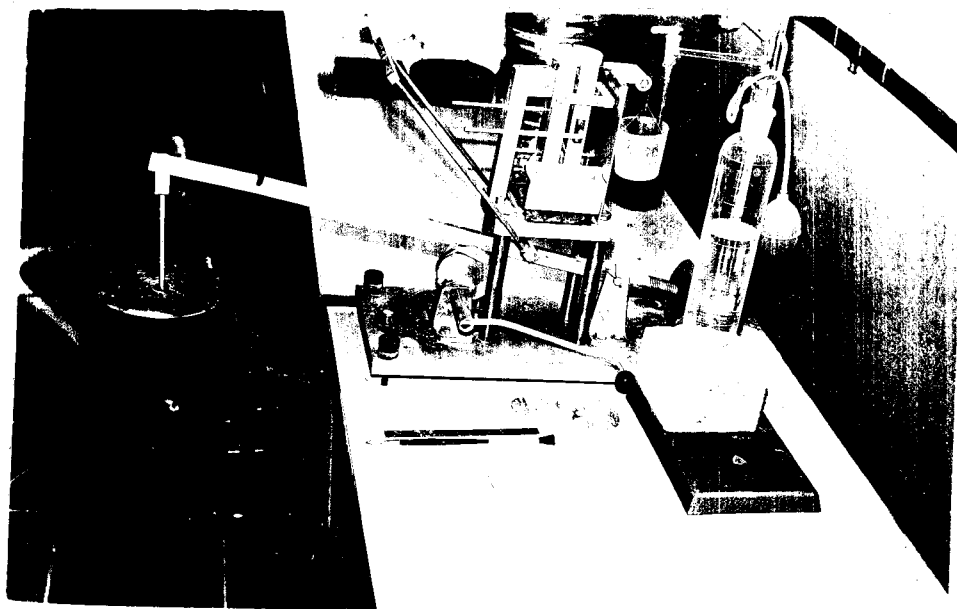
Zařízení je schematicky znázorněno na obrázku 16. Miska má průměr 50 mm, výšku 5 mm, má zdrsňené vnitřní stěny a je vertikálně rozdělena na dvě poloviny. Obě poloviny misky vybíhají v ramena, která jsou pomocí čepů zachycena ve valivých kuličkových ložiskách (11). Je tedy možné otáčet oběmi polovinami misky. Jedna polovina misky je však přichycena pružinou k opěrnému úhelníku (5), takže tvoří pevnou část misky (1). Styk této poloviny misky s opěrným úhelníkem je realizován pomocí kladičky (17). To umožňuje případný vertikální posuv poloviny misky při deformaci ramena misky, působí-li zatěžovací konsolidační síla.

Je to velmi důležité proto, aby při případné deformaci ramen polovin misky docházelo ke stejnému vertikálnímu posuvu polovin.



Obr. 16. Schéma přístroje pro měření tahové pevnosti sypkých materiálů

V případě různých posuvů polovin misky ve vertikálním směru by mohlo dojít k porušení vzorku v trhací ploše a tím ke zkreslení nebo znehodnocení celého měření. Druhá polovina misky (3) je otočná a je spojena se zatěžovací nádobkou (8). Otočnou polovinu misky lze zafixovat šroubem (6) tak, že obě poloviny misky tvoří jeden celek. Tahová síla se vyvozuje přikapáváním vody z byrety (7) do zatěžovací nádobky, jež je zavěšena přes kladičku (9) k otočné polovině misky.



Obr. 17. Celkový pohled na přístroj tahové pevnosti

Na obrázku 17 je fotografie celého zařízení. Způsob zatěžování je shodný s translačním přístrojem tahové pevnosti, který byl popsán v kapitole 2.

Důležitou zásadou, kterou je nutné dodržet je, že se pohyblivá polovina misky musí vzdalovat od pevné části misky naprosto kolmo k půlící rovině. Tento požadavek je u popsaného přístroje uskutečněn uložením ramen polovin misky pomocí čepů ve valivých kuličkových ložiskách, která jsou přichycena k nosné desce ložisek(4).

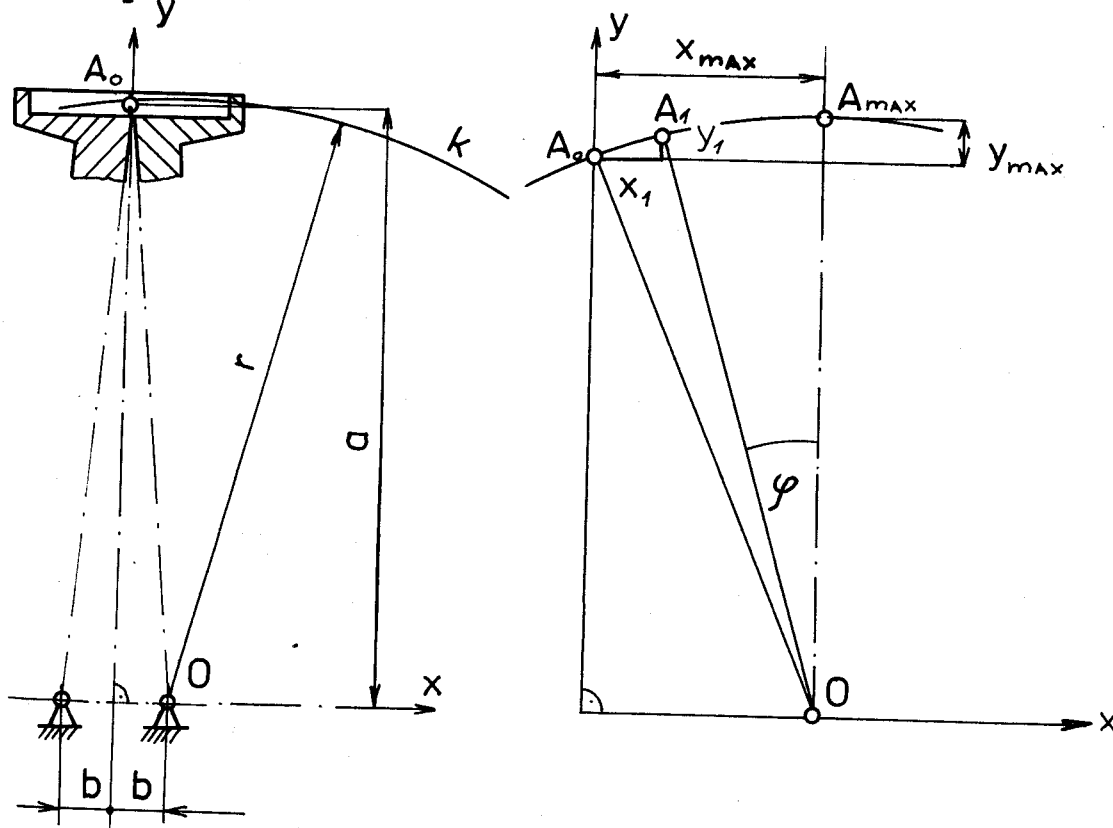
Je samozřejmé, že při měření je nutno dbát mimořádně pečlivě na to, aby částechy práškového podílu nevnikaly do valivých kuličkových ložisek a ložiska zatěžovací kladičky, neboť jejich sebe-
menší zadrhnutí znehodnotí měření.

Příprava vzorku a metodika měření je shodná jako u translačního přístroje a je popsána v kapitole 2.

3.1.2. Rozbor kinematických poměrů

Je nutné provést rozbor kinematických poměrů, neboť nový přístroj není translační a všechny body pohyblivé poloviny misky při pohybu opisují kružnice se středy otáčení, kterými jsou valivá ložiska.

Při rovinném rozkladu trajektorie bodu A_0 dochází současně k posuvu ve směru osy x i osy y , tj. v horizontálním i vertikálním směru. V praxi se to projeví tak, že kromě požadovaného normálového napětí působí v trhačí plošce i napětí tečné. Proto musíme určit v jakém poměru budou jednotlivá napětí a jakou chybu tečná složka způsobí.



Obr. 18. Kinematika pohybu otočné čelisti

K poruše konsolidovaného vzorku dojde při vzdálení obou polovin misky od sebe o méně než 1 mikrometr /6/,

Z tohoto důvodu budeme vertikální posuv určovat při horizontálním posunutí pohyblivé poloviny mísky o 1 mikrometr.

Znamé hodnoty:

$$a = 161,5 \text{ mm}$$

$$b = x_{\max} = 13,5 \text{ mm}$$

$$x_1 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}, \quad Y_1 = ?$$

$$r = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{161,5^2 + 13,5^2} = 162,06325 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = r - a = 162,06325 - 161,5 = 0,56325 \text{ mm}$$

$$\sin \varphi = \frac{b - x_1}{r} = \frac{13,5 - 0,001}{162,06325} = 8,3294639 \cdot 10^{-2}$$

$$\varphi = 4,7779672^\circ \text{ tj. } \varphi = 4^\circ 46' 41''$$

$$\cos \varphi = \frac{Y_1 + r - Y_{\max}}{r} \Rightarrow Y_1$$

$$Y_1 = r \cdot \cos \varphi - r + Y_{\max} = r (\cos \varphi - 1) + Y_{\max} =$$

$$= 162,06325 \cdot (\cos 4^\circ 46' 41'' - 1) + 0,56325 = \underline{\underline{7 \cdot 10^{-5} \text{ mm}}}$$

$$\frac{x_1}{Y_1} = \frac{10^{-3}}{7 \cdot 10^{-5}} = \frac{100}{7}$$

Výpočtem bylo zjištěno, že při rovinném rozkladu pohybu vzniká tečné napětí, které činí 7 % napětí normálového.

3.1.3. Tuhost přístroje a rozsah použitelnosti

Z předchozích praktických zkušeností vyplynul poznatek, že konstrukce přístroje musí být dostatečně tuhá. Předně je nutno sestavit dostatečně tuhá ramena a misky, aby se nedeformovaly při zatížení /6/. Přístroj byl použit při konsolidačních napětích v rozsahu od 0,0025 MPa (čemuž odpovídá závaží 0,1 kg) do 0,225 MPa (závaží 9 kg). Při těchto zatíženích se neprojevovaly žádné deformace a byly získávány vždy reprodukovatelné výsledky jejichž chyba nepřesáhla pro nejnižší i nejvyšší hodnotu konsolidačního napětí 4,34 %.

Přístroj poskytoval spolehlivé údaje při hodnotách tahových pevností nad 40 Pa. Při nižších hodnotách je citlivost přístroje příliš nízká.

3.2. Ověření přístroje a jeho aplikace na korundové prášky α - Al_2O_3 .

V průběhu měření bylo na modifikovém přístroji proměřeno 14 vzorků korundových prášků. Všechny vzorky mikrozrného korundového prášku α - Al_2O_3 pocházely z jedné kalcinace, kromě vzorků H 37, H 69, jejichž kalcinace probíhaly za jiných podmínek. Vzorky byly seřazeny podle rostoucích hodnot měrných povrchů a jsou shrnuty v tabulce 6. Hodnoty měrných povrchů a středních velikostí zrna byly stanoveny v dřívějších výzkumech na Katedře sklářství a keramiky v Liberci /11/.

Přístroj byl nejdříve ověřen na třech vzorcích korundových prášků H 37, H 69, U 17, které pocházely z různých kalcinací.

Tab. 6. Měrné povrchy a střední velikosti zrn použitých vzorků

Vzorek	Měrný povrch $S[m^2g^{-1}]$	Střední zrno $x_s[\mu m]$	Vzorek	Měrný povrch $S[m^2g^{-1}]$	Střední zrno $x_s[\mu m]$
17	5,3	7,9	437	12,4	6,5
2	5,8	7,9	14/IV	12,8	7,7
14/III	6,0		U 17	25,3	9,8
5/IV	6,3	7,1	11	33,3	7,3
H 69	8,6	7	7	57,6	7,3
5/III	9,3		16	70,1	5,7
8	10,5	7,3	1	82,4	

Při měření tahových pevností bylo provedeno z počátku vždy pro každý vzorek 10 měření za stejných podmínek a byl brán průměr naměřených hodnot. Později bylo prováděno jenom 5 měření, neboť se ukázalo, že rozptyl naměřených hodnot nepřevyšoval největší hodnotu rozptylu při 10 měřeních.

V případě, že některé měření vykazovalo větší odchylky, nebylo bráno do průměru a měření se opakovalo. Tím vyloučily ne-^{se}správné hodnoty získané např. při poruše vzorku ještě před vlastní trhací zkouškou, zadrhnutí hladičky apod.

Twistování nebylo při měření používáno, protože jeho účel není v literatuře prozatím dostatečně objasněn.

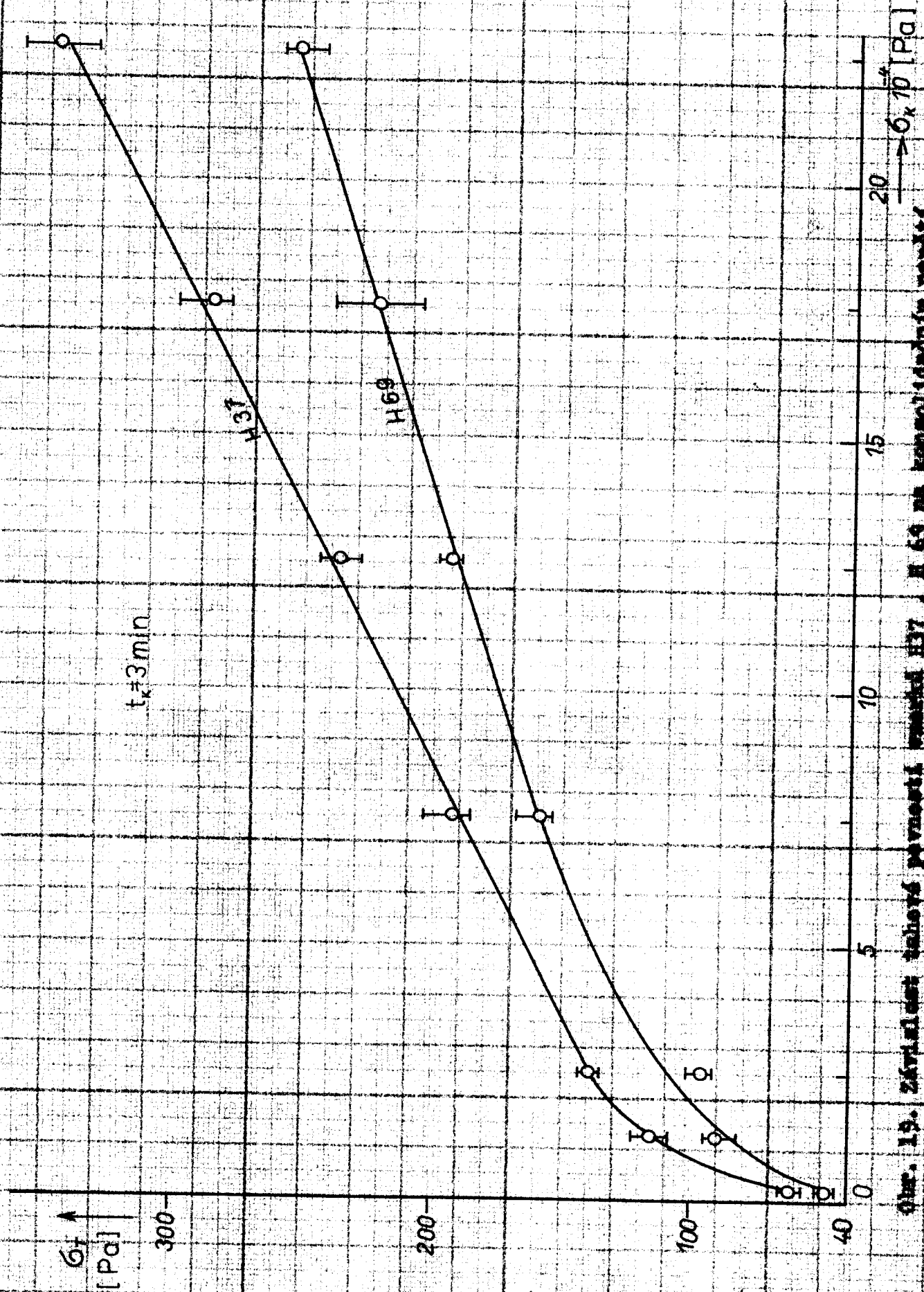
Při měření tahové pevnosti vzorků H 37 a H 69 bylo dosaženo spolehlivých reprodukovatelných výsledků.

σ_T / Pa									
σ_K /MPa/	0,225	0,175	0,125	0,075	0,025	0,0125	0,0025		
n	10	10	10	10	5	5	5		
$\bar{x}$	344,72	284,85	235,77	191,87	138,64	114,95	61,67		
s	10,22	7,31	6,10	5,08	4,76	6,30	2,92		
s^2	104,54	53,46	37,21	25,85	22,61	39,68	8,52		
μ	337,41-325,03	279,62-290,08	231,41-240,13	188,24-195,50	136,50-140,78	107,13-122,77	58,04-65,30		

Tab. 7. Statistické vyhodnocení závislosti tahové pevnosti na konsolidačním napětí vzorku H 37

	σ_T / Pa						
σ_K / MPa	0,225	0,175	0,125	0,075	0,025	0,0125	0,0025
n	5	5	5	5	5	5	5
$\bar{x}$	253,64	221,83	192,97	158,61	95,85	90,12	48,69
s	6,20	13,35	3,54	6,51	3,85	5,35	1,23
s^2	38,41	178,32	12,50	42,32	14,80	28,62	1,51
μ	245,94-261,34	205,25-238,41	188,57-197,37	150,53-166,69	91,07-100,63	83,48-96,76	47,16-50,22

Tab. 8. Statistické vyhodnocení závislosti tahové pevnosti na konsolidačním napětí vzorku H 69.



obr. 19. Závislost tahové přeměny δ na čas t_τ při konstantní rychlosti

Vzorek U 17 je velmi dobře tekoucí a i při nejvyšším konsolidačním napětí jej nebylo možno měřit neboť jeho tahová pevnost se pohybovala pod nejnižší hranicí citlivosti přístroje.

Současně s měřením tahové pevnosti na modifikovaném přístroji byla měřena na translačním přístroji za stejných podmínek i objemová hmotnost. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány, shrnuty do tabulek 7 a 8 a graficky znázorněny na obr. 19. Je patrné, že při měření bylo dosaženo velmi malého rozptylu naměřených hodnot a přístroj se jeví jako vhodný pro měření tahové pevnosti korundových prášků. Současně je zřejmé, že tahová pevnost H 37 je vyšší než u vzorku H 69 a tento vzorek je tekutější a vhodnější pro výrobu korundových trubic.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

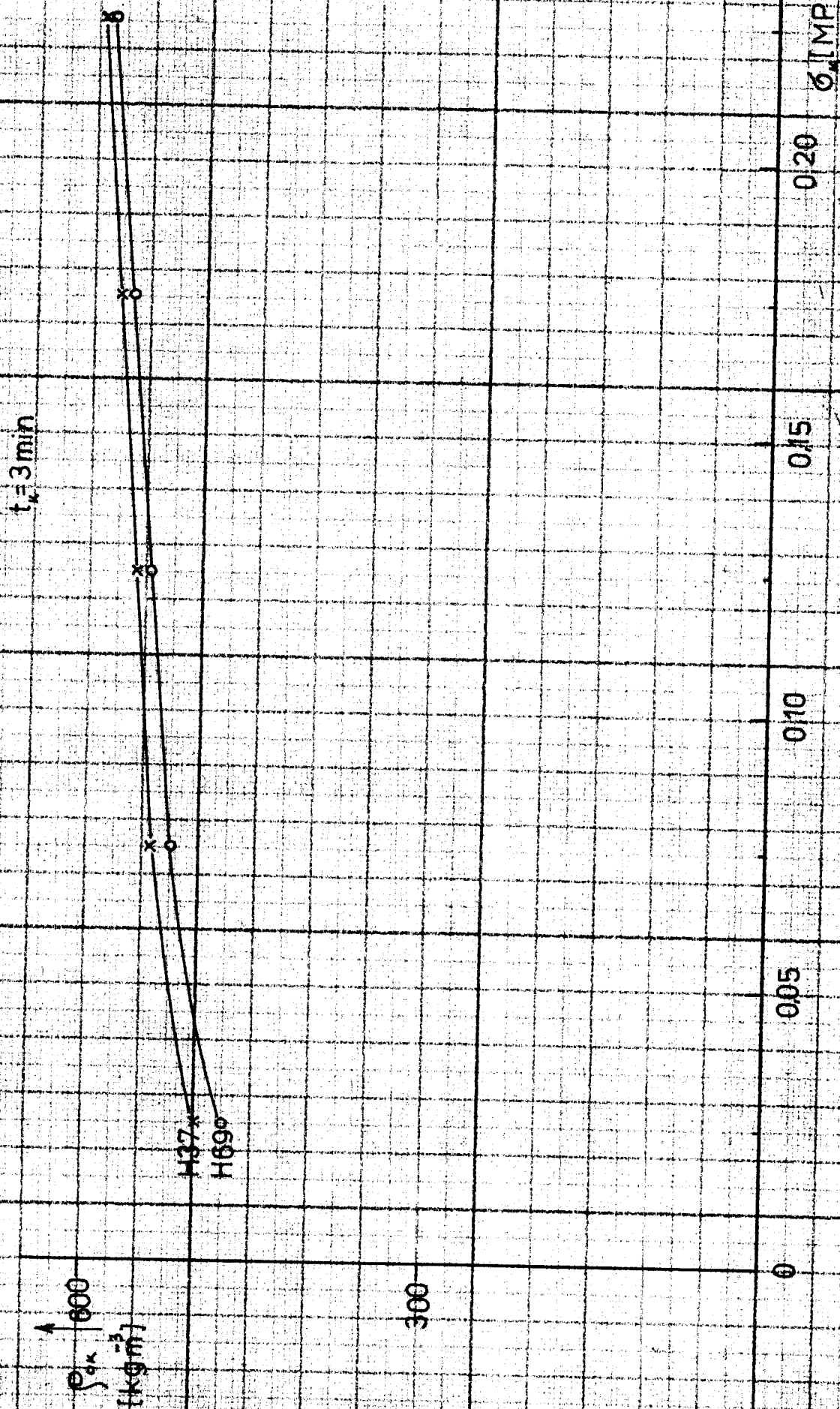
4.1. Vliv konsolidace na tahovou pevnost a na měrnou hmotnost

Při ověřování modifikovaného přístroje tahové pevnosti na vzorcích H 37, H 69 (kapitola 3.2.) byl současně určen i vliv konsolidačního napětí na tahovou pevnost. Z naměřených závislostí je patrné, že tahová pevnost se zvětšuje s rostoucím konsolidačním napětím. Zajímavé je to, že při velmi nízkém konsolidačním napětí (asi do 0,025 MPa) je závislost charakterizována obecnou konkávní křivkou, ale při dalším růstu konsolidačního napětí se závislost linearizuje a tahová pevnost je přímo úměrná konsolidaci (obr. 19). Vliv časové konsolidace nebyl určován a vzorek se konsolidoval za stejných podmínek vždy 3 minuty.

Při měření tahové pevnosti vzorků H 37, H 69 byla současně určována i měrná hmotnost. Obdobně jako tahová pevnost, tak i měrná hmotnost roste se stoupajícím konsolidačním napětím. Při velmi nízkých konsolidačních napětích je závislost opět nelineární, ale od jeho určité velikosti se podle naměřených hodnot linearizovala (obr. 20.).

4.2. Závislost tahové pevnosti na měrném povrchu a na měrné hmotnosti.

A. Při určování závislosti tahové pevnosti na měrném povrchu bylo proměřeno celkem 13 vzorků. Všechny vzorky, kromě vzorků H 37, H 69 byly z jedné kalcinace.



Obz. 20. Závislost měrné hustoty, korundových prášků H 37, H 69 na konsolidacím napětí

Vzorky byly seřazeny podle rostoucích měrných povrchů, a tak probíhal i sledjeich proměřování. Měření probíhalo za těchto konstantních podmínek $\sigma_k = 0,125 \text{ MPa}$

$$t_k = 3 \text{ min.}$$

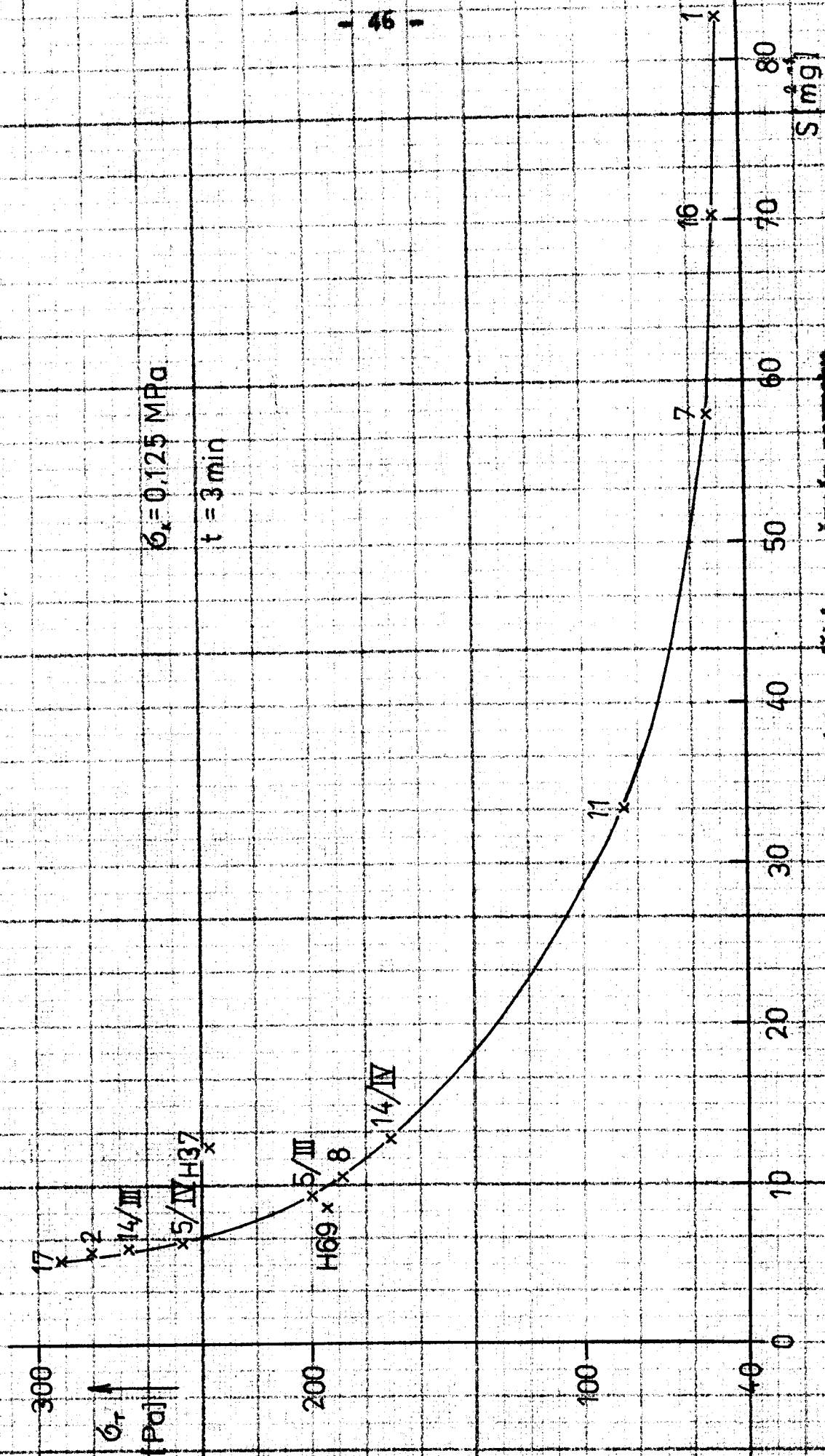
Pro každý vzorek bylo naměřeno 5 hodnot a byl brán jejich průměr. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tabulce 9.

Tab. 9. Průměrné hodnoty tahových pevností

Vzorek	σ_T /Pa/	Vzorek	σ_T /Pa/
17	290,02	H 37	235,77
2	278,74	14/IV	181,50
14/III	264,99	11	84,24
5/IV	244,92	7	53,12
H 69	192,97	16	50,58
5/III	198,22	1	47,40
8	187,29		

Při grafickém znázornění závislosti jsme získali exponenciální křivku se záporným exponentem obr. 21. Ze závislosti vyplývá, že tahová pevnost exponenciálně klesá s rostoucím měrným povrchem.

Z této závislosti se výrazně vymykají dva body, které přísluší vzorkům H 37 a H 69. Příčina bude zřejmě v tom, že tyto vzorky byly kalcinovány za jiných podmínek.



obr. 21. Závislost tahové pevnosti korundových prášků na měrném povrchu

Obecně můžeme konstatovat, že exponenciální závislosti získáme jenom pro série vzorků, které byly kalcinovány za stejných podmínek.

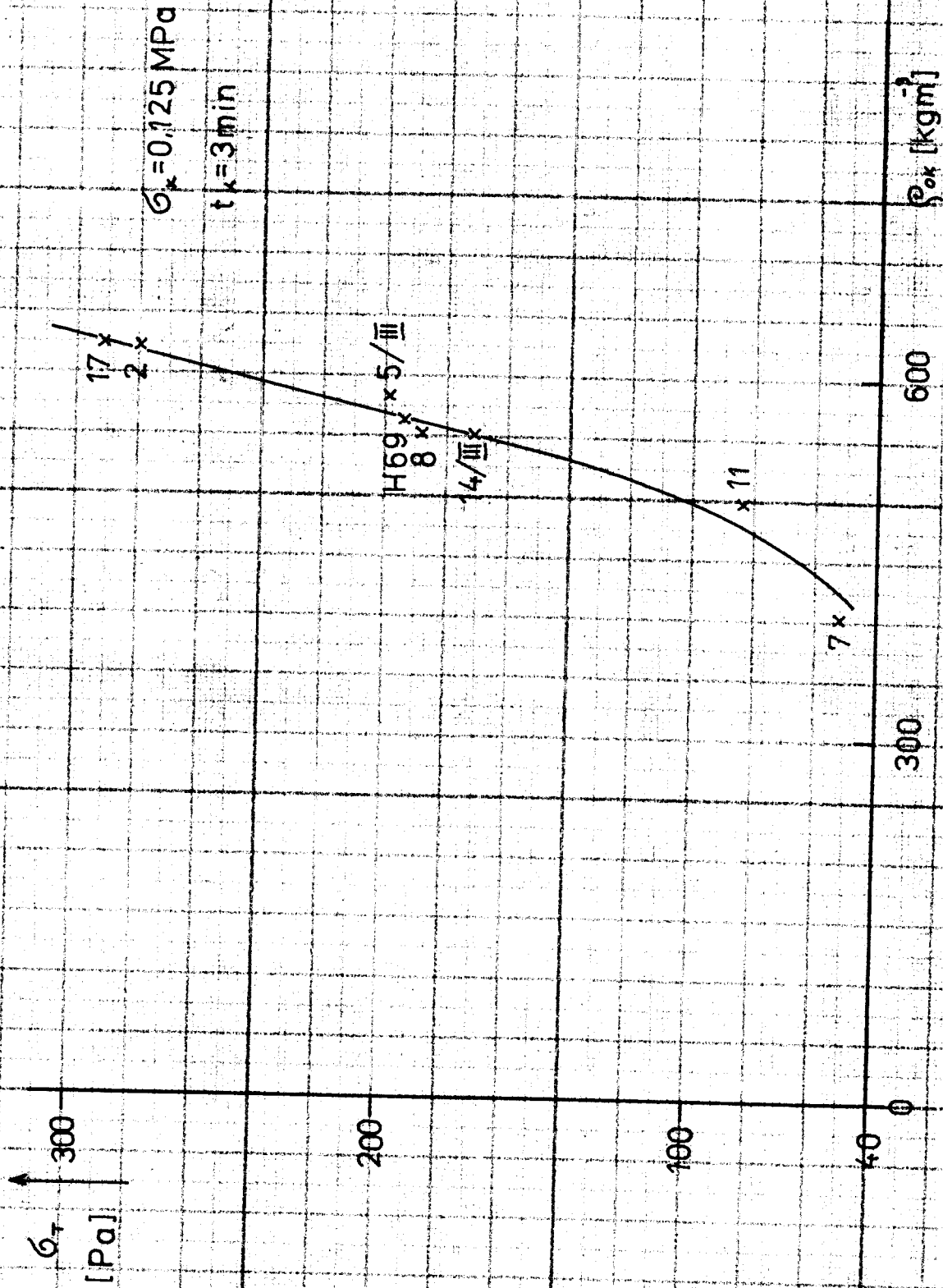
B. Současně s proměřováním tahové pevnosti vzorků byla u osmi z nich stanovena i měrná hmotnost. Měření probíhalo za stejných podmínek (kap. 4.2.A.). Naměřené hodnoty jsou zaneseny do tab. 10.

Vzorek	$\rho_{ok} / \text{kg m}^{-3}$	Vzorek	$\rho_{ok} / \text{kg m}^{-3}$
17	622,65	8	550,71
2	620,18	14/IV	551,64
5/III	581,20	11	495,84
H 69	559,60	7	402,51

Tab. 10. Průměrné hodnoty měrných hmotností.

Grafické zobrazení závislosti tahové pevnosti na měrné hmotnosti je na obr. 22. Je patrné, že s rostoucí měrnou hmotností rostou i hodnoty tahové pevnosti u proměřovaných vzorků.

Měření měrné hmotnosti je velmi jednoduché a rychlé a jeho určením, aniž naměříme tahovou pevnost, získáme rychlou informaci o kvalitě práškových materiálů. Z praxe je známo, že pro mechanické zpracování jsou vhodnější práškovité materiály s menší tahovou pevností, která odpovídá i menší měrné hmotnosti, jež je snadno měřitelná.



Obr. 22 Závislost tahové pevnosti korundových prášků na měrné hustotě

4.3. Závislost měrné hmotnosti na měrném povrchu.

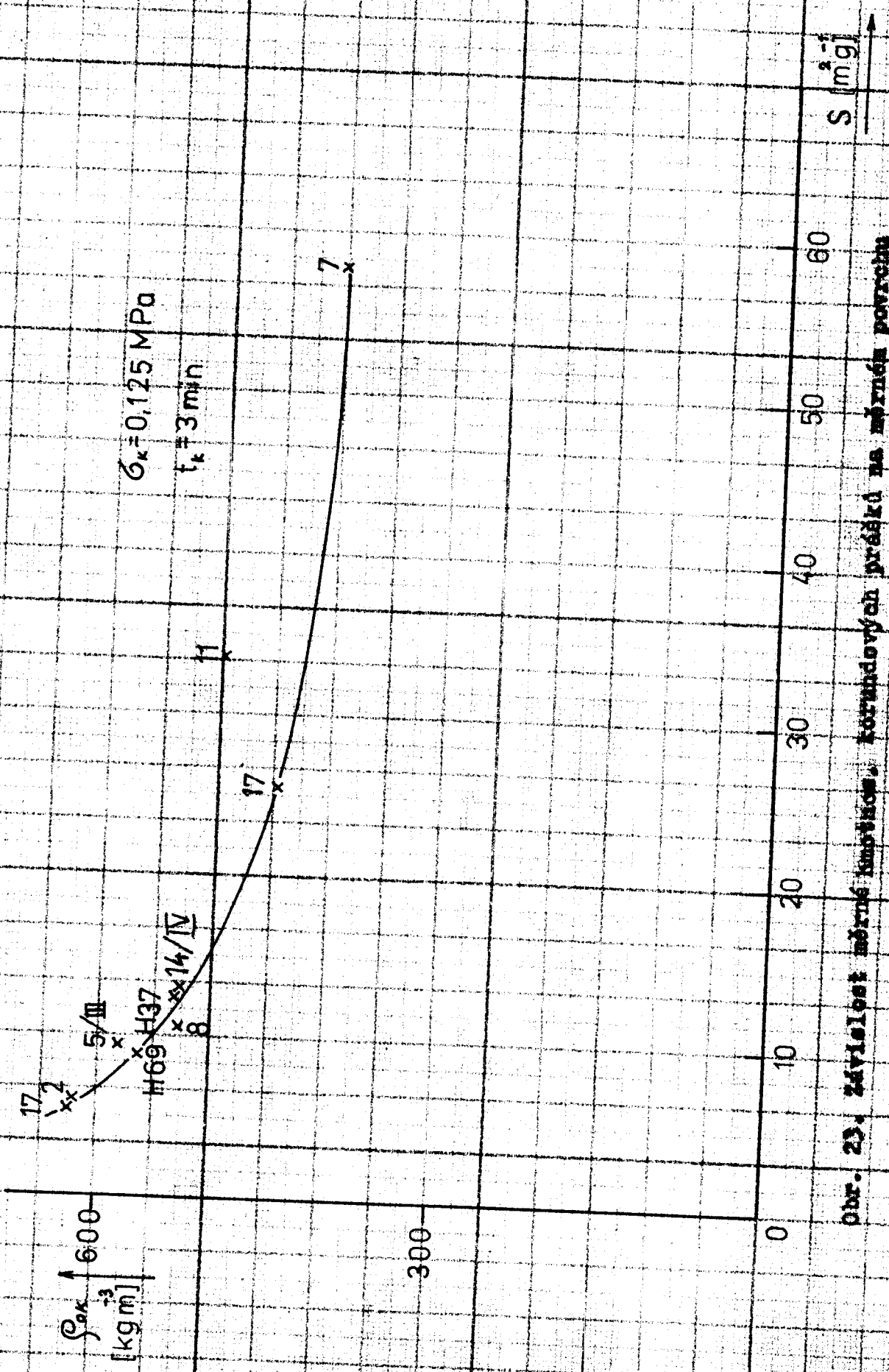
Z hodnot měrných hmotností, které byly naměřeny v kap. 4.2. byla pro 10 vzorků vypracována další vhodná závislost, která nám může rozšířit znalosti o vlastnostech korundových prášků.

Je to závislost měrné hmotnosti na měrném povrchu. Z grafických zobrazení (obr.23) můžeme vyčíst, že měrná hmotnost klesá exponenciálně s rostoucím měrným povrchem.

4.4. Vliv vlhkosti na tahovou pevnost.

Při dosavadním měření charakteristik korundových prášků byly používány vzorky, které byly vystaveny vlivům laboratorní atmosféry a z tohoto důvodu měl každý z nich určitou vlhkost, kterou bylo možné sušením a vážením stanovit. Otázkou bylo, zda-li má vlhkost vliv na tahovou pevnost korundových prášků. Byly vybrány tři vzorky, které byly uloženy v laboratorních podmínkách, tedy o určité vlhkosti a byly stanoveny jejich tahové pevnosti. Tyto vzorky byly potom vysušeny (vlhkost $W=0$) a opět byly stanoveny jejich tahové pevnosti. Nakonec byly určeny vlhkosti nevysušených vzorků.

Naměřené hodnoty byly shrnuty a pozorovány v tabulce 11. Z naměřených a srovnaných hodnot můžeme konstatovat, že při nulové vlhkosti byly hodnoty tahových pevností nižší.



obr. 23. Závislost měrné koroze na měrném povrchu

Vlhkost má tedy vliv na tahovou pevnost. Zatím však není známo v jakém rozsahu vlhkostí tento jev platí.

Vzorek	2		H 37		H 69	
Vlhkost W /%/	0	0,240	0	0,464	0	0,455
Tahová pevnost σ_T /Pa/	261,29	278,94	191,35	235,77	158,65	192,97

Tab. 11. Srovnání tahových pevností pro různé vlhkosti.

4.5. Shrnutí poznatků a grafických závislostí.

Z naměřených hodnot můžeme me učinit tyto závěry:

- 1 - Tahová pevnost korundových prášků stoupá s rostoucím konsolidačním napětím.
- 2 - Měrná hmotnost je závislá na konsolidaci a s rostoucím konsolidačním napětím se zvyšuje zhutnění.
- 3 - S rostoucím měrným povrchem klesá tahová pevnost.
- 4 - Se stoupající měrnou hmotností stoupají i hodnoty tahové pevnosti.
- 5 - Měrná hmotnost klesá s rostoucím měrným povrchem.
- 6 - Tahová pevnost suchých prášků je nižší než tahová pevnost prášků o určité vlhkosti.

5. Z Á V Ě R

V práci je shrnuta problematika měření pevnostních charakteristik korundových prášků se zaměřením na určování tahové pevnosti a za tímto účelem, dokončení a ověření přístroje tahové pevnosti, který byl navrhnut v Ústavu základů chemické techniky Č S A V v Praze.

Stručná charakteristika problému měření pevnostních charakteristik prášků provedená v první kapitole, naznačila cestu, kterou bude výhodné se dále ubírat, tj. měření tahové pevnosti.

Ve druhé části práce byl popsán a ověřen při aplikaci na korundové prášky translační přístroj tahové pevnosti, který byl zapůjčen Ústavem základů chemické techniky ČSAV v Praze.

Lze konstatovat, že tento přístroj není vhodný pro měření korundových prášků, neboť jeho citlivost je velmi nízká a silně abrazivní prášky rychle poškozují pohybová ústrojí přístroje, což se nepříznivě projevuje při vlastním měření, kdy získáváme nereprodukovatelné hodnoty tahových pevností.

Vlastní dokončení a ověření modifikovaného přístroje tahové pevnosti, který byl rozpracován v Ústavu základů chemické techniky ČSAV v Praze, je popsáno ve třetí části práce.

Při ověřování vynikly přednosti tohoto přístroje, který je schopen spolehlivě měřit tahovou pevnost korundových prášků, až na malé výjimky (vzorek U 17).

Z Á V Ě R

Dokončením tohoto přístroje se nám naskytla možnost rozšířit znalosti o mechanických vlastnostech korundových prášků.

V poslední části práce byla proměřena série korundových prášků a vhodným zpracováním výsledků jsme získali důležité závislosti mezi jednotlivými parametry prášků, které mohou mít význam při klasifikaci surovin, které vstupují do procesu výroby korundových trubic, při které je v současné době značné procento výmětu. Korundové prášky mají v celém procesu výroby dominantní postavení a na jejich kvalitě a různosti závisí množství výmětu. Je tedy žádoucí zpracovávat suroviny o stejných mechanických vlastnostech, k jejichž určení může posloužit i tahová pevnost.

L I T E R A T U R A

- /1/ F e d a J. : Smyková pevnost písku, Rozpravy ČSAV 1963, seš. 4
- /2/ K l a b l e n a P. , Menzelová O. : Zjišťovanie šmykovej pevnosti pri cyklickom namáhaní, ALFA Bratislava
- /3/ F e d a J. : Základy mechaniky partikulárních látok, Academia Praha 1977
- /4/ Bishop et al. : A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength Geotechnique 21,1971,4,273-328
- /5/ N o v o s a d J. : Mechanika sypkých hmot, Institut pro výchovu vedoucích spolupracovníků min. prům. ČSR Praha 1977
- /6/ N o v o s a d J. ; Majzlík R., Pavlišťík J. : Měření tahové pevnosti sypkých materiálů, Chemický průmysl, roč. 27/52 (1977), čís. 4, 171 - 174
- /7/ N o v o s a d J., Kostelková E. : Hodnocení tahové pevnosti sypkých materiálů, Ústav teoretických základů chemické techniky, ČSAV Praha
- /8/ Novotný F. : Příspěvek k problematice zhutňování keramických prášků, Písemná část odborné zkoušky kandidátského minima, Liberec 1978
- /9/ B r o ŝ J. , kol : Základy fyzikálních měření I. díl, SNP Praha 1967
- /10/ ČSN 01 0250, Statistické metody v průmyslové praxi, 1. 7. 1973

L I T E R A T U R A

/11/ HAŠKOVÁ E., NOVOTNÝ F. : Lisování keramických prášků,
Závěrečná zpráva o kolu P 01 - 124 - 010/01,
VŠST L i b e r e c 1979, 52 str.