

מועצה מדעית לישראל
איגוד למחקר קרמי



י ל ק ו ט
האיגוד למחקר קרמי

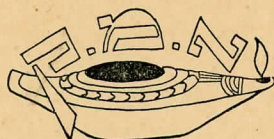
מס. 2 — 3

תוכן הענינים

3		דבר המערכת
5		ד"ר פ. זינגר : שיפורן של תבניות הגבס
12		אינג' א. טאובר : החרס הסידני
14		חמר בואדי רומאן
21		אינג' א. טאובר : שיטות להכנת תערובות קרמיות
23		ידיעות האיגוד
31		מעבודת האיגוד (דו"ח 1—4)
45		בתעשיה הקרמית
52		בספרות המקצועית
66		מילון קרמי

~~En souvenir des jours~~
~~ensemble passés à la~~
~~Polytechnique de Haïfa~~
~~29.1.51~~ ~~Tamir~~

מועצה מדעית לישראל
 איגוד למחקר קרמי



י ל ק ו ט האיגוד למחקר קרמי

מס. 2 — 3

כתובת המערכת : ת.ד. 1048, חיפה

דבר המערכת

גליון זה, מס. 2-3 של הילקוט הוא הראשון המופיע בשמם המשותף של האיגוד למחקר קרמי והמועצה המדעית לישראל. הננו להביע בזה למועצה המדעית את תודתנו על העזרה הרבה אשר הגישה לנו בהוצאת הגליון הזה. רואים אנו בצעדה זה הוכחה לכך שהמועצה המדעית מכירה בחשיבותו של בטאונג, ויודעים אנו שעובדה זו מטילה עלינו אחריות נוספת לרמתו של הילקוט. יהא עלינו להוכיח עצמנו ראויים לאמון שהמועצה המדעית נותנת בנו!

מובטחנו שקוראינו יקבלו בשמחה את הופעת בטאונג בדפוס. הוצאת הילקוט בדפוס היא אופינית לקו הפעולה אשר התויגו לעצמנו והוא — להכניס בילקוט שפורים ככל אשר ניתן לאל ידינו ולהפכו להוצאת קבע של האיגוד.

בהזדמנות זו ברצוננו לחזור על המשאלה אשר הבענו לקוראינו בגליון הראשון והיא, שישתפו עמנו פעולה ככל האפשר, ישלחו לנו את בקורתם על החומר המובא לפנייהם וימציאו לנו חומר מפרי ידיעותיהם העיוניות ונסיונם המעשי במקצוע. במיוחד ברצוננו להפנות את תשומת לבם למדורים: בתעשייה הקרמית ושאלות ותשובות. הופעתם הקבועה של מדורים אלה לא תתכן, אם לא תבוא היוזמה לכך מצד אנשי המקצוע.

המערכת

שיפורן של תבניות הגבס*

מאת ד"ר פ. זינגר

א. חשיבותה של כמות המים המשמשת ביצירת הגבס כגורם לאיכותם ותכונותיהם של הדפוסים.

דפוסי הגבס המשמשים למטרות הקרמיקה אינם אלא אמצעים למטרה ולכן יש לדון על איכותם לאור הכלים שהם מעצבים ולפי חסכוניותהם בשימוש. ייצורם של דפוסי גבס למטרות הקרמיקה אינו קל כלל וכלל. לעתים קרובות מתקבלים כלים פגומים, לא בגלל איכותו הגרועה של הגבס, אלא בגלל שיטת ייצורו. לעתים אין הליקוי מתגלה בשעה שבוחנים את המוצר בעין, אלא בשעת השריפה. ליקויים רבים אשר נהגו ליחס להרכב לקוי של הגוף הקרמי או לעבודה גרועה, מקורם בדפוסי גבס בלתי מתאימים. אולם ישנן שיטות המבטיחות דפוסי גבס כאלה אשר יעצבו גופים קרמיים תקינים.

המדע טרם הסביר את כל הגורמים המשפיעים על התקשרות הגבס, אבל ידוע מספר חוקים אשר שמירתם מבטיחה דפוסי גבס מתאימים למטרתם.

בתעשיה הקרמית משמש הגבס בד"כ כאמצעי עזר לעיצוב. מרבית לעצב את הגוף הפלסטי, תערובת החמר והמים, בתבנית גבס. כן משתמשים בדפוסי גבס לייצור כלי-חמר בתהליך היציקה. בשתי שיטות העיצוב האלו חשובה איכותם של דפוסי הגבס, כיון שדפוסי הגבס הם הסופגים את המים עד שהגוף הקרמי מתקשה, מתכווץ קמעה תוך שמירה על צורתו, משתחרר מן התבנית והריהו מוכן ומזומן לשריפה.

כמות המים הנספגת ע"י דפוס הגבס תלויה בראש וראשונה בכמות המים אשר מכיל הגוף הקרמי. גופים פלסטיים מכילים 18—30% ותערובות יציקה 13—35% מים. כן ממלאות תפקיד חשוב כל התכונות הפיסיקליות של הגוף וכיון שהדפוס והגוף מגיבים ביניהם, ברור שהאיכות וההומוגניות של הדפוס חשובות לאין ערוך.

הגבס נמצא בטבע — לעתים קרובות במצב טהור עד מאוד (99%). נוסחתו של המחצב הטבעי היא $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. מפיקים אותו בעזרת חומרי נפץ ולאחר שפוררוהו, קולים אותו בטמפרטורה של 155° , שהיא הטמפרטורה האופטימלית של הריאקציה $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

בטמפרטורה נמוכה יותר אין הטרנספורמציה שלמה. בטמפרטורות גבוהות

* תורגם מאנגלית ומופיע כאן ברשותם האדיבה של עורכי כתביהעת :

The British Clayworker

יותר עלול הגבס לאבד מים יתר על המידה ואח"כ לא יתקשה בצורה שוה בכל חלקיו או שיאבד את כושרו לקשור אליו מים מחדש. בשעת הקליה יש לערבב את גרגירי הגבס בתמידות כדי להבטיח תנאי חימום שווים בכל נפח החומר. בהוספת מים הופכים את הגבס הקלוי לגוף פלסטי. היחס בין כמות המים לכמות הגבס הוא בעל השפעה מכרעת על תכונותיו של דפוס הגבס העתיד להוצר. להכנת תערובת היציקה יש להוסיף לגוף לא רק את כמות המים שהפסיד בשעת הטרנספורמציה מהדו-הידרט לסמיהידרט — בערך 18% — אלא עודף מים ניכר. יש להוסיף מים לפחות בשעור של 60%, כי בתנאים אלה מתקבלת תערובת יציקה הומוגנית. בשעה שהדפוס מתקשה, נשאר עודף המים (למעלה מ-42%) בצינורות הנימיים, ובשעת הייבוש מתאדים מים אלה והצינורות הנימיים מתמלאים אויר. מכאן שהנקבוביות של הדפוס גדלה ככל שגדלה כמות המים בתערובת היציקה. גבס שבמצב הפלסטי הכיל רק 60% מים, מצטיין, לאחר היבוש, בנקבוביות של 25% ממשקלו. 25% מצינים, אפוא, את הנקבוביות המינימלית של הדפוסים. דרגת הנקבוביות מהווה גורם מכריע בהשפעתה על תכונותיו של הדפוס. יכולת הספיגה הכללית של הדפוס היא פרופורציונלית לנפח הנקבים. מכאן שהיא פרופורציונלית ישרה גם לכמות המים אשר שמשה להכנת הדפוס. כן תלויות בכמות מים זו תכונות נוספות של דפוס הגבס. ככל שגדל נפח האויר אשר מכיל הדפוס היבש, כן פוחתת צפיפותו, התנגדותו המכנית וחוזקו, כיון שבתנאים אלה פוחת מספר הגבישים ביחידת הנפח. הצפיפות המכסימלית, זו של דפוס אשר הוכן מתערובת בעלת 60% מים, מגיעה ל-73.5 lb/cu ft והתנגדותו ללחיצה ל-2,500 lb/sq in. בסיכומו של דבר הרי הדפוס המכיל יותר אויר הוא יותר "רך", פחות בריקמא ובעל התנגדות נמוכה יותר לקורוזיה מאשר דפוס המכיל פחות אויר. כמובן שאין יחס מסוים בין כמות המים לכמות הגבס יכול להחשב כאופטימלי לגבי כל השימושים. כיון שכח הספיגה והנקבוביות, וכן תכונותיו המיכניות של הדפוס, קובעות את דמותו של הגוף המעוצב בו, יש לקבוע את התערובת האופטימלית בכל מקרה ומקרה. תערובת זו תהא שונה אם הכוונה לעצב בדפוס, כלי קרמי דק או עבה, חלק או בעל בליטות.

בשעה שמיצרים גוף קרמי המורכב מחלקים מספר, יש להקפיד על כך שכל החלקים יהיו בעלי נקבוביות שוה, כי רק בתנאים אלה יתקבל גוף ישר אשר לא יתעקם בתהליך הייבוש והשריפה. סיבת הדבר נעוצה בדרך פעולתם של דפוסי הגבס. הודות לנקבוביותם הריהם סופגים את הרטיבות מן הגופים הקרמיים בין שאלה פלסטיים (פחות או יותר מוצקים ורכים) או נוזלים (יציקים). המהירות בה נספגים המים היא פרופורציונלית ישרה לנקבוביותו של דפוס הגבס. פרושו של דבר שבדפוס גבס נקבובי יותר, יתמצק הגוף הקרמי ויתיבש במהירות גדולה מזו בה ינהג בדפוס גבס נקבובי פחות. הבדלים אלה בולטים במיוחד בתהליך היציקה, כיון שעובי הגוף הנוצר נמצא ביחס ישר לנקבוביות הדפוס. באופן פרופורציונלי למהירות הספיגה של המים בדפוסי הגבס, נוצרת שכבה עבה או דקה מתוך תערובת היציקה הנוזלת.

דפוסי גבס המורכבים מפרקים שונים דרושים לעיצובם של גופים קרמיים רבים. אם הפרקים השונים של הדפוס אינם בעלי נקבוביות שוה, הרי אותו חלק של

הגוף הקרמי אשר יימצא בפרק בעל נקבוביות גדולה יותר, יתיבש יותר מהר, יתכווץ ויגרום לדפורמציה בכלי. גם אם ההבדלים בדרגת ההתכווצות ישתוו אח"כ בשעת הייבוש, הרי אין לבטל עוד את המתח שנוצר בשעת הדפורמציה הזמנית, וזה יתן את אותותיו לאחר השריפה בגרמו לדפורמציה או לסדיקה בגוף.

אם מעצבים בדפוסים אלה תערובת יציקה, הרי החלק העבה אשר ייוצר בפרק הנקבובי יותר, יתיבש באיטיות ויגרום, איפוא, לדפורמציה או לסדיקה בשעת הייבוש או השריפה. ערכתי חקירות יסודיות בשאלה זו ונוכחתי לדעת שאף ההבדלים הקלים ביותר בחלקי השונים של הדפוס עלולים לגרום להבדלים ניכרים במוצר הקרמי המוגמר.

כשם שהדפוס המורכב חייב להיות בעל נקבוביות אחידה בחלקיו השונים, כן יש לדאוג לכך שהדפוסים העשויים חתיכה אחת יהיו הומוגניים. אם אין מערבבים את עיסת הגבס במידה מספקת, מתגלים בדפוס המוכן "גושים" בעלי צפיפות גבוהה ונקבוביות נמוכה ובצידם בועות אויר. דפוסים אלה אף הם יעצבו גופים קרמיים פגומים, כיון שחלק מן הגוף הקרמי ישאר צמוד ואף דבוק לדפוס במקומות מסוימים, לאחר שיתר חלקיו כבר השתחררו מהתבנית.

ייצורם של דפוסי גבס הומוגניים תלוי בגורמים רבים. למשל, היחס הכמותי האופטימלי של התערובת תלוי במידה רבה בגורמים חיצוניים, כגון הטמפרטורה, הרטיבות והתנודות האטמוספיריות. כי הגוף הקרמי המתהווה על דפנות הדפוס מפסיד רטיבות לא רק מצדו החיצוני, בגלל ספיגת המים ע"י הדפוס, אלא גם מעל לשטחו הפנימי בגלל האידוי. והיה, אם מהירות ההתאדות אינה שווה משני עברי הכלי, ייוצר גוף בלתי הומוגני מבחינת כמות הרטיבות שהוא מכיל ובגוף זה תחול לרוב דפורמציה או סדיקה בשעת השריפה.

אולם הרכב התערובת חשוב לא רק מבחינת צפיפותו ונקבוביותו של הדפוס. אלא גם משום שזמן ההתקשרות תלוי אף הוא בכמות הרטיבות ושינויים בזמן זה אינם נוחים בשעת הייצור. כיון שזמן הערבוב האופטימלי (ראה להלן) תלוי בזמן ההתקשרות, הרי ששינויים בלתי צפויים במהירות ההתקשרות גורמים לכך שיש לשנות את זמן הערבוב. לאחר שנקבעה התערובת האופטימלית, אין איפוא לסתות ממנה כל זמן שלא חל שינוי בתנאים האטמוספריים. הקפדה על הכנת תערובת זו בדיוק נמרץ היא אחד התנאים המבטיחים תוצרת הומוגנית. אולם להכנת התערובת ההומוגנית אין די במדידת כמות המים ובשקילת הגבס. קביעת היחס הכמותי בין הגבס למים אינה כה פשוטה, כיון שהגבס הקלוי סופג מים מן האטמוספירה והופך בהדרגה שנית לדו-הידרט.

בעיה זו מודגמת ע"י ניסוי של Heath. היט הוכיח שדגימת גבס קלוי אשר הוצגה באטמוספירה לחה, ספגה $1\frac{1}{2}\%$ מים לאחר 12 שעות ו- $4\frac{1}{2}\%$ לאחר 5 ימים. אף בשעת הובלתו סופג הגבס רטיבות מן האויר ואע"פ שכיום נוהגים לארוזו בשקים בעל שכבות מספר של ניר ולא בשקי יוטה כפי שנהגו בעבר, הרי טרם הצליחו לבטל לחלוטין את מגעו עם האויר. כמוכן שכמות הרטיבות הנספגת בשעת ההובלה תלויה בתנאים האטמוספריים.

מכאן שכמויות בעלות משקל שווה עלולות להכיל כמויות שונות לחלוטין של גבס יבש. להכנת התערובת הפלסטית יש להוסיף לגבס כמות מים קטנה יותר,

שספג אל קרבו. הבדלים אלה אינם גדולים אמנם. מוצרים עדינים הרי הם בעלי חשיבות ניכרת. כמות קבועה של מים, יש להקפיד על כך שמחסני פני רוח פרצים. יש להשתמש בכמויות הגבס השונות, נשרפו תחילה, תשמשנה לראשונה. על כל פנים, יש שר מכיל הגבס לפני השימוש.

איים מקפידים מאד על הרכבה של התערובת. יצרני מדויקים לגבי המוצרים השונים והמתכונים הללו ים וחקירות מדודקים. בדרך זו מובטחים ייצורם של ממים מעולים ושיטת עבודה חסכונית.

קה — בכל המקרים בהם הצלחתי לברר מהו אורך שמשים דפוזי הגבס לתקופה ארוכה פי 2 או 3 מאשר

התחשב באמריקה במקורו של הגבס, בתנאי הובלתו המשפיעים על כמות המים שהוא מכיל. אמ. טורנר, של הגבס ע"י כמות המים שסופג הגבס בשעת אחסנה ת הגבס בשק רגיל ובשק בלתי חדיר למים בחדר לה זו בו את השקים לא הכיל הגבס מים חופשיים כלל יע ל-80%. מקץ 45 יום לא חל כל שנוי בגבס שהיה מ ואילו הגבס בשק הרגיל הכיל 1.25% של מים המים ירד ל-64%.

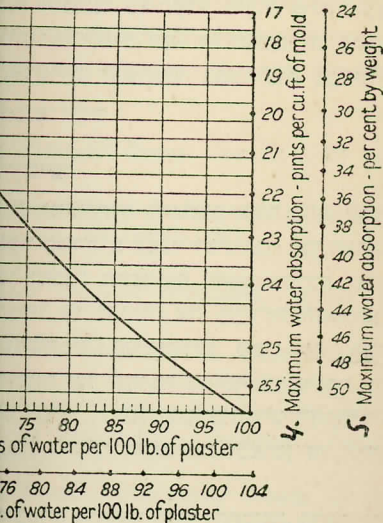
החרושת האמריקאים לקבוע את משקלו הסגולי של מ יחליטו מהי כמות המים שיש להוסיף לגבס. את ויים למשקלו הסגולי של גבס סטנדרטי וכמות המים נוי היחסי של הצפיפות. אפשר לערוך קביעה מדויקת ניתנת לביצוע בידי פועל נבון. המכשיר הדרוש זיר" — Speedy Moisture Tester — ומשמש לעתים כל חומרי הגלם הקרמיים ובמוצרים קרמיים רבים. נוך גליל סגור המכיל קרביד הסידן מכניסים כמות ק. כדי למנוע את השתחררותו המוקדמת של האצטילן נשהגליל נתון במצב אופקי. כמות האצטילן המתהווה רטיבות שהכיל הגבס והיא נקבעת ע"י מנומטר מכוייל הרטיבות באחוזים. הבדיקה אינה נמשכת אלא דקות התערובת עולה והריאקציה מתרחשת במהירות רבה.

רם המשפיע על איכותם של הדפוסים

תערובת כשלעצמו אינו קובע את איכותם וחוזקם של ודעת חשיבות מכרעת כגורם המשפיע על איכותם ת איכותם של המוצרים הקרמיים המעוצבים בהם. גבס הקלוי בכמות המים היעודה לו מתקבלת סוספנסיה

של גבס במים, ההופכת כעבור זמן קצר לע העיסה, מתקבלת תערובת הומוגנית לחלו השיבות ראשונה במעלה. כיון שהיא משמש יורטב במידה שווה ושבכל הגבישים תחול בשעת הקליה מתנדפים מי ההידרצ הפנימי והחיצוני של חלקיקי הגבס. כאשר משתחררות בועות אויר, אבל אם מערבב כלל. בועות האויר אשר שרדו בתערובת המוצק, פני הדפוס נעשים מחוספסים וגופי אפשר למנוע תקלה זו ע"י ערבוב מכני. ה בתערובת. אלה מצרפות אליהן בדרכן א משתחררת מאויר.

לפני הערבוב ביד יש להניח את הת האויר הקטנות להתרכז קמעה. התרכוזות מו הערבוב, אולם משפיעה לרעה על ההומוגנ במגע עם המים באופן שווה וכך מתחילה ה בשעה שבאחרים נמצאת הריאקציה בשלבי בערבוב המכני מיד לאחר הוספת המים.



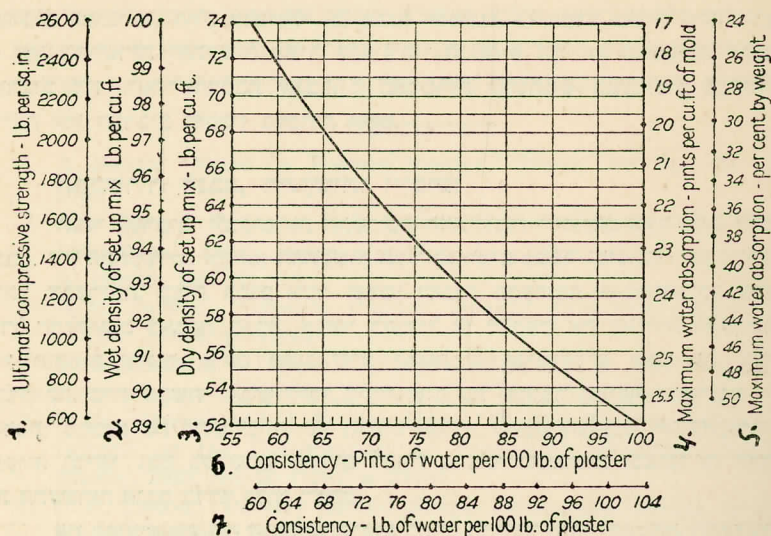
השפעת ההרכב על צפיפות הגוף ה הגוף היבש וספיגת המ

1. ההתנגדות המכנית הסופית — לי
2. התערובת לאחר ההתקשרות — לי
3. התערובת היבשה לאחר ההתקשרות —
4. המכסימלית של הדפוס — פינט/רגל
5. באחוזים מהמשקל. 6. הרכב — פי
7. הרכב — ליברות מיס

של גבס במים, ההופכת כעבור זמן קצר לעיסה. אם ממשיכים בערבוב עד לקבלת העיסה, מתקבלת תערובת הומוגנית לחלוטין. הומוגניות התערובת היא בעלת חשיבות ראשונה במעלה, כיון שהיא משמשת ערובה לכך שהגבס על כל פרודותיו יורטב במידה שווה ושכלל הגבישים תחול אותה דרגת ההידרציה.

בשעת הקליה מתנדפים מי ההידרציה ובמקומם נספח אוויר על פני שטחם הפנימי והחיצוני של חלקיקי הגבס. כאשר מערבבים את הגבס הקלוי במים, משתחררות בועות אוויר, אבל אם מערבבים ביד אין אפשרות לשחרר את האויר בכללו. בועות האויר אשר שרדו בתערובת גורמות להתהוות חורים קטנים בדפוס המוצק. פני הדפוס נעשים מחוספסים וגופי החרס המעוצבים סופם שיהיו פגומים. אפשר למנוע תקלה זו ע"י ערבוב מכני. המערבב המכני יוצר בועות אוויר גדולות בתערובת. אלה מצרפות אליהן בדרך את הבועות הקטנות, והתערובת כולה משתחררת מאויר.

לפני הערבוב ביד יש להניח את התערובת דקות מספר כדי לאפשר לפרודות האויר הקטנות להתרכז קמעה. התרכזות מוקדמת זו מקילה על שחרור האויר בשעת הערבוב, אולם משפיעה לרעה על ההומוגניות של התערובת כיון שהגבס אינו בא במגע עם המים באופן שווה וכך מתחילה ההתקשרות בחלקים מסוימים של התערובת בשעה שבאחרים נמצאת הריאקציה בשלביה הראשונים. לעומת זאת אפשר להתחיל בערבוב המכני מיד לאחר הוספת המים. במערבבים מכניים משוכללים אפשר



השפעת ההרכב על צפיפות הגוף הרטוב והיבש, ההתנגדות המכנית של הגוף היבש וספיגת המים של הדפוס המוכן.

1. ההתנגדות המכנית הטופית — ליבר/אינץש מרובע.
2. הצפיפות של התערובת לאחר ההתקשרות — ליבר/רגל מעוקב.
3. הצפיפות של התערובת היבשה לאחר ההתקשרות — ליבר/רגל מעוקב.
4. ספיגת המים המכסימלית של הדפוס — פינט/רגל מעוקב.
5. ספיגת המים המכסימלית באחוזים מהמשקל.
6. הרכב — פינטים של מים ל 100 ליברות של גבס.
7. הרכב — ליברות מים ל 100 ליברות של גבס.

אפילו להוסיף את הגבס למים תוך כדי ערבוב. רק תערובת גבס הומוגנית יכולה להבטיח דפוס שווה לכל חלקיו. דפוס כזה יהיה מחונן בכוח ספיגה אחיד על פני כל השטח וימלא, אפוא, את התנאי החשוב ביותר לייצור גופים קרמיים חסרי פגם. בתערובת בלתי הומוגנית מתהווים "גושים", בהם ריכוז הגבס עולה על הריכוז הממוצע. במקומות אלה הספיגה יותר איטית ומתהווה פגם בכלי. בשעת השריפה מאבד הגוף הפגום את צורתו או שהוא נסדק ונשבר. באופן עקרוני הרי לפנינו אותה התקלה הנגרמת ע"י השימוש בדפוס אשר חלקיו השונים אינם בעלי נקבוביות שווה.

כמובן שערבוב ממושך מדי אינו רצוי, כיון שהגבס מתמצק יתר על המידה ולאחר היציקה אין להשיג עוד את חוזקו המכסימלי.

להומוגניות של הדפוסים נודעת חשיבות מיוחדת כאשר מעצבים גופים מורכבים. עקב צורתם המיוחדת מחייבים גופים אלה שימוש בדפוסים נפרדים. רק הומוגניות מלאה של הדפוסים הבודדים יכולה למנוע דפורמציה בכלי. דו"ח רוסי אשר פורסם בזמן האחרון מוכיח עד כמה תלויה ההומוגניות של הכלי במידת הערבוב. הוכנו דפוסים מתערובת שעורבבה במשך דקה אחת ובמשך ארבע דקות. ההבדלים בדרגת הספיגה בין החלקים השונים הגיעו ל-1.8—2.3% בראשונים ורק ל-0.4—0.6% באחרונים.

ר. ב. לאדו סיכם את יתרונותיו של הערבוב המכני בדו"ח שלו. לדעתו מבטיח הערבוב המכני (א) חוזק מכסימלי, (ב) מבנה הומוגני, (ג) העדר בועות נראות לעין, (ד) זמן התקשרות והתקשות אחיד. יתרונותיו הנוספים הם: (ה) האפשרות להתחיל בערבוב מיד לאחר הרטבת הגבס, (ו) האפשרות להשתמש בתערובות כבדות, (ז) ירידת זמן הערבוב וחסכון בעבודת ידים.

ג. התקשרות הגבס, התקשרותו וייבושו

לאחר הערבוב, יוצקים את התערובת ההומוגנית לדפוסים אשר בהם יתקשר הגבס. זמן ההתקשרות וכן זמן ההתקשות תלוי בגורמים מספר וביניהם: זמן הערבוב, טוהר התערובת, כמות המים אשר שמשו להכנת התערובת והטמפרטורה שלהם, גודל החלקיקים באבקת הגבס. אפשר להגדיל או להקטין את מהירות ההתקשרות ע"י תוספות שונות, אולם מוטב שלא להשתמש בכימיקלים מסוג זה לצרכי הקרמיקה, כיון שקשה להגיע לידי פיזור שווה של החומר המוסף בתערובת ולכן הוספתו מסכנת את ההומוגניות של הדפוס המוכן. בשעת הערבוב יש להקפיד על הנקיון, גבישי גבס כל שהם עלולים להוות גרעיני התגבשות ובאופן זה להחיש את התקשרות הגבס בדרך בלתי רצויה.

אין להוציא את גוף הגבס מן הדפוס בטרם התקשר הגוף והתקשה. ההתקשרות אורכת כמחצית השעה. לקביעתו המדויקת של זמן ההתקשרות, ידועות דרכים מספר. שיטה חדשה ומעניינת מבוססת על ירידת המוליכות של הגבס שהתקשר. הגבס מצטין במוליכות גבוהה בעודו נוזל ומוליכות זו יורדת עם ההתקשרות. אפשר לעקוב אחר תהליך בעזרת מיקרואמפרמטר. ברגע שההתקשרות מגיעה לדרגה ידועה מתחילה המוליכות לעלות שנית ומגיעה כמעט לערכה הראשון. בשלב זה יש לראות את תהליך ההתקשרות כמושלם. לאחר ההתקשרות בא הייבוש וגם בשלב

החרס הסידני : ההתאמה בין גוף הכלי לזיגוגו והתכווצות הקוריץ

מאת אינג' א. טאובר,

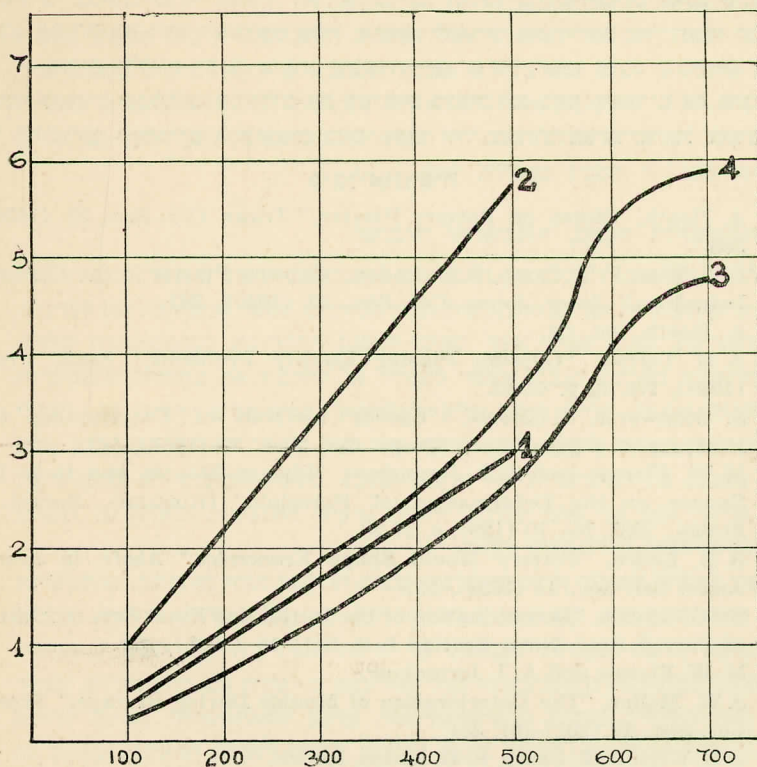
מנהל המחקר, איגוד למחקר קרמי

הקדמה :

כידוע, עומדים לרשותו של הקרמיקאי שלושה אמצעים עיקריים כדי להבטיח התאמה מלאה בין גוף הכלי לזיגוגו, ואלה הם :

1. העלאת טמפרטורת השריפה של הגוף הקרמי.
 2. טחינה דקה יותר של התערובת המשמשת להכנת גוף הכלי.
 3. הגדלתה של כמות הסיליקה אשר מכיל גוף הכלי.
- שלושת האמצעים הללו מעלים את מקדם ההתפשטות של גוף הכלי ומסיעים, איפוא, להתאמה שלמה בין גוף הכלי לזיגוגו. הזיגוגים המשמשים לציפויים של חרסים סידניים הם בד"כ סיליקטים אלקליים בעלי גורם התפשטות גבוה פי כמה מגורם התפשטותו של גוף הכלי. אין, איפוא, פלא בדבר שבכלי המזוגג מופיעים סדקים.

העקומות המובאות להלן מתארות את ההתפשטות התרמית של שני זיגוגים



ההתפשטות התרמית של שני חרסים (3,4) ושני זיגוגים (1,2).

בין 0° ל- 500° . שני הזיגוגים האלה הם בעלי תכונות קיצוניות. גורם ההתפשטות של האחד הוא $60 \cdot 10^{-7}$ (עקומה 1, זיגוג המותאם לחרס המכיל כמות רבה של פצלת השדה). גורם ההתפשטות של השני הוא $100 \cdot 10^{-7}$ (עקומה 2, זיגוג המותאם לחרס סידני). בין שתי העקומות הקיצוניות מופיעות אלו המתארות את כל הזיגוגים האחרים.

העקומות 3 ו-4 מתארות את ההתפשטות התרמית של שני גופי חרס לאחר שנשרפו ב- 1000° . הרכב האחד (מס. 3) הוא: 25% חמר, 25% קאולין, 40% חול, 10% גיר. הרכב השני הוא: 50% חמר, 25% חול, 20% גיר, 5% מגנזיט. שני גופי החרס הללו הנם קיצוניים מבחינת הרכבם, אולם כפי שמראה התאור הגרפי הרי המרחק בין עקומותיהם הוא יותר קטן מהמרחק בין העקומות אשר מתארות את שני הזיגוגים הקיצוניים. הבדל זה מסביר את הנטיה לסדיקה המתגלה בגופים המזוגגים.

חומרי גלם:

גופי החרס הסידניים המקובלים מורכבים כדלקמן:
קאוליניט 55%—40 (בצורת קאולין); קורץ 35%—40; גיר 20%—10;
את הגיר מוסיפים בצורת מרגל, סיד, או שיש או שמחליפים אותו בגיאובריט
או בדולומיט.

השפעתם של היסודות השונים:

הסיליקה: מגבירה את ההתפשטות התרמית, מנמיכה את הצליל, מורידה את הקהוזה והצפיפות, מאפשרת את השימוש בכמות גדולה של סיד ללא סכנת דפורמציה.

הסיד השרוף: מעלה את ההתפשטות התרמית הודות להתפשטות העצמית הגבוהה $138 \cdot 10^{-7}$, מגביר את התפשטותה של הסיליקה, מעלה את הצפיפות, מגביה את הצליל.

בזמן השריפה מתחיל תהליך הדיסוציאציה של פחמת הסידן בערך ב- 700° . הסיליקה מגבירה את הדקרבוניזציה וזו נעשית שלמה בסביבת 900° . אותה שעה נמצא החמר כבר בצורת מטה-קאולין, מאחר שב- 500° — 450° מתאדים מי הגיבוש. התרכבות השונות המתהוות בשעת ההתפרדות מגיבות זו עם זו ויוצרות סיליקטים וסיליקואלומינטים מורכבים וכמוכן פראט הסידן. עד ל- 900° , התרכבות העיקריות הן אורטוסייליקט הסידן $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ וסיליקואלומינט הסידן $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. בעל גורם ההתפשטות התרמית הגבוהה $78 \cdot 10^{-7}$.

החל מ- 1000° ואילך מפסידות התרכבות האלו סיד והארנורטיט מהווה את התרכבת העיקרית $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

הארנורטיט הוא בעל גורם התפשטות תרמית יותר נמוך $52 \cdot 10^{-7}$, ולכן שריפת יתר גורמת להופעת סדקים בגופים. חסרונו העיקרי של הסיד הוא בזה שבטמפרטורת הגבול של השריפה מתהווה בגוף שינוי פתאומי. הגוף הופך זכוכיתי ומאבד את התפשטותו הגבוהה.

בסיכומו של דבר הרי גופי החרס הסידניים מחוננים בתחום שריפה משביע רצון כל זמן שאין עוברים את טמפרטורת הגבול של השריפה.

הקאוליניט — רצוי להוסיפו בצורת חמר המכיל כמות רבה של סיליקה כיון שחמר המכיל כמות רבה של אלקלים (כגון החרסית) גורם לירידת ההתפשטות התרמית.

השפעתה של מידת הטחינה — ככל שהתערובת, וביחוד הקורץ, טחונים דק יותר, כן עולה ההתפשטות התרמית. בטמפרטורה נמוכה מסתברת תופעה זו ע"י גורמים מיכניים (כתוצאת הטחינה משתפר פיזורם של החלקיקים). בטמפרטורה הסופית של השריפה עולה ההתפשטות התרמית כיון ששטחם החופשי של גרגירי הקורץ גדל וכך מוחש תהליך הפיכתם לסיליקטים וסיליקואלומינטים של הסיידן.

מסקנות :

כדי להבטיח התאמה מלאה בין כלי החרס לזיגוגו יש למלא את שלושת התנאים הבאים :

- (א) הוספת סיליקה בכמות גדולה בהקבלה לתוספת הסייד.
 - (ב) טחינה דקה יותר של התערובת בכלל ושל הקורץ בפרט (מש 120).
 - (ג) שריפת הגוף בטמפרטורה גבוהה כדי שתוצרנה תרכובות גבישיות בין הסייד ליסודות האחרים, אך לא גבוהה מדי פן תתהווה כמות ניכרת של היסוד הזכוכיתי הבלתי רצוי במקום היסוד הסיידני הרצוי.
- מסקנות אלו תסיענה בידינו להבנת שיטה חדשה להכנת גופי חרס סידניים, בלי להשתמש בכמויות מופרזות של קורץ. הכנתם של גופים אלה התאפשרה ע"י באור חדש שניתן לתופעה המכונה בשם : התכווצות הקורץ.
- (המשך יבוא)

חמר בואדי-רומאן

הקדמה :

מציאות חמר בואדי רומן נתגלתה בדצמבר 1943, ע"י ד"ר פ. סולומוניקה, הגיאולוג של המכון לחקר התעשייה אשר ליד הסוכנות-היהודית. חמר זה נמצא בקצה המערבי לרגלי הוואדי, המשתרע לאורך 40 ק"מ. בדיקתן של הדגימות הראשונות נתנה תוצאות טובות, לפיכך התחיל ד"ר פ. סולומוניקה, בשנת 1945, בחקירת החמר הנ"ל. לאחר שהושג רשיון מטעם ממשלת המנדט נלקחו דגימות ממקומות שונים, שמשקלן הכולל הגיע לכמה מאות קילוגרם. (דגימות אלו סומנו בדו"חים המצורפים במספרים 262—267). הדגימות הנ"ל נבדקו במעבדה הקרמית של המכון, וחולקו כמו כן למפעלים קרמיים שונים לשם ניסויים טכניים. בקשר עם בדיקות גיאולוגיות אלו נערכו גם מדידות

טופוגרפיות במקום. חוות דעת על חמר זה קיבל המכון מהמומחה הידוע ד"ר זינגר, מלונדון, אליו נשלחו בזמנו דגימות מחמר זה.

היות וכל הבדיקות הוכיחו שחמר זה הנהו חומר גלם חשוב ביותר לתעשייה, נלקחו באביב שנת 1947, 25 טונות חמר אשר צוינו ע"י המומחים כראויות ביותר לשימוש. דגימות אלו חולקו בין המפעלים השונים של התעשייה הקרמית. החמר נאסף ע"י משלחת מיוחדת שהיתה מצוידת היטב לניסויים טכניים. מטרת הניסוי היתה לעבד את החמר בקנה מידה גדול על פי הוראות המכון. גם מעבדת המכון חזרה ובדקה את הדגימות החדשות של החמר (הדגימות של בדיקות אלו סומנו בדו"ח המצורף במספרים 321, 317, 316, 315).

כל הבדיקות והתוצאות של הניסויים בקנה מידה גדול, הוכיחו כי החמר הוא משובח, חסון אש ומחונן בסגולות פלסטיות לאחר עיבוד מתאים. בחמר זה אפשר להשתמש לא רק כתחליף לחמר של עבר הירדן, אלא גם כיסוד כמעט לכל תעשיית הקרמיקה (ראה חוות דעת של ד"ר פ. זינגר המובאת להלן).

ניצול המחצבה תלוי בהסדר התחבורה. כיום אפשר להגיע אליה רק בדרך קשה מאד הפונה דרומה למצרים, כמה קילומטרים אחרי עסלוג'.

אפשרויות התחבורה ופתרון בעית הקשר נבדקו ע"י שתי משלחות שנשלחו לפי הוראות המכון, והם: המומחים של סולל בונה והמהנדסים לשקר ויוריס.

לפני ניצול המחצבה יהיה צורך לערוך בדיקות גיאולוגיות נוספות, כדי לקבוע את הכמות וההבדלים בהרכב החמר אשר בשכבות השונות. להלן מובאים:

א. הבדיקות והדוחים של המכון שנערכו ע"י ד"ר א. לנדסברג.

ב. דו"ח של ד"ר פ. זינגר, לונדון.

ג. תמצית הדו"ח של המומחית הקרמית גב' ה. גרוסמן, ירושלים.

טבלא 1: אנליזות כימיות של החמר מואדי רומאן

מספר הדגימה						התרכובת הכימית
267	266	265	264	263	262	
57.2	56.2	61.0	51.0	52.3	49.7	SiO ₂
29.5	26.5	26.5	32.7	32.4	32.7	Al ₂ O ₃
2.0	5.2	2.2	2.3	2.6	1.3	Fe ₂ O ₃
0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	CaO
0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	MgO
11.4	11.2	10.4	14.4	13.2	15.4	הפסד בליבון

אנליזה רציונלית של הדגימה מס' 262 נתנה 91.9% חמר סידיני, 0.8% מלחים הנמסים במים, בעיקר מלח בישול.

טבלה 2 : אנליזות כימיות של החמר מואדי רומאן (המשך)

מספר הדגימה				התרכובת הכימית
321	317	316	315	
53.0	51.9	51.5	50.8	SiO ₂
31.2	31.9	26.6	34.3	Al ₂ O ₃
2.2	4.4	3.1	1.4	Fe ₂ O ₃
0.6	0.1	0.2	0.6	CaO
0.3	0.2	0.3	0.3	MgO
13.9	12.6	14.5	13.8	הפסד בליבון
87.8	—	93.9	92.5	אנליזה רציונלית
0.7	—	0.4	0.5	מלחים הנמסים במים

טבלה 3 : טגולותיו הפיסיקליות של החמר מואדי רומאן

מספר הדגימה										מים הדרושים להכנת התערובת (%)
321	317	316	315	267	266	265	264	263	262	
—	23	—	22	21	23	23	23	21	20	התכווצות באוויר (%)
7.6	6.7	6.3	5.2	7.0	3.1	5.6	5.2	5.6	4.9	התכווצות בשריפה (%)
7.6	6.7	6.3	5.3	7.0	3.2	5.6	5.5	5.6	5.9	110° צ'
10.6	10.6	10.0	9.0	—	—	—	—	—	—	1000° צ'
—	—	—	—	8.0	4.8	8.4	9.1	10.0	8.4	1030° צ'
14.4	12.8	14.4	13.2	9.0	5.6	8.4	10.0	12.0	12.4	1100° צ'
16.0	14.5	16.9	15.1	14.4	8.0	8.4	15.0	—	14.4	1200° צ'
16.0	17.0	16.5	17.0	15.2	8.4	12.6	16.0	15.6	15.3	1300° צ'
16.3	17.0	16.5	17.0	—	—	—	—	—	—	1400° צ'
										ספיגת מים לאחר השריפה (%)
14.8	15.0	13.7	15.4	—	—	—	—	—	—	1000° צ'
—	—	—	—	15.0	13.8	17.7	12.4	14.4	17.7	1050° צ'
11.5	9.3	7.0	8.4	—	—	—	13.4	—	15.8	1100° צ'
7.0	7.6	2.7	7.4	8.0	9.4	14.3	6.8	14.2	4.8	1200° צ'
2.7	1.2	1.3	1.2	5.7	8.9	8.1	1.1	4.4	3.2	1300° צ'
1.8	1.2	1.0	0.4	—	—	—	—	—	—	1400° צ'

הערות לתוצאות הבדיקות של החמר מואדי רומאן

דגימה 262: החמר בצורתו הטבעית אינו פלסטי, אך אפשר לשפר את הפלסטיות שלו ע"י טחינה דקה, טחינה רטובה, עיבוד מכני (לישה), וכן ע"י השריה (mauken).

העיבוד הנ"ל משפר את טיב החמר. תוספות כימיות כגון סודה ואלום מביאות לידי שיפור הפלסטיות בזמן הקצר ביותר, אך דגימות שהוסיפו להן סודה נעשות כהות לאחר השריפה. גם הוספת 0.2% עמילן משפרת את הפלסטיות במידה ניכרת תוך שבועים. אחרי העיבוד הנ"ל אפשר להשתמש בחמר זה ליציקה בכל עובי קיר שהוא. החמר מתכווץ במידה רבה ולכן חשוב להוסיף חומרים מרזים.

בשעת השריפה בתנור חשמלי עד ל-1050° מקבל החמר גוון בהיר. אם שורפים אותו בתנור מזוט יש להקפיד על כך שהאוויר תהיה מחזירה, כי אחרת עלול הגוון להפוך צהבהב ואף חום-צהבהב. בטמפרטורה של 1300° מתקבל גוון אפור. אף ב-1450° החומר עודנו נקבובי ואינו מגיע, איפוא, להיותך. הוספת פצלת השדה או קורץ טהורים מסיעת לקבלת גוון לבן לאחר השריפה.

דגימה 263: גוונו של החמר לאחר השריפה הוא קצת יותר כהה מהדגימה מס. 262, אם שורפים באש מחזרת. תהליך ההשריה משפר את טיבו ואת גוונו.

דגימה 264: לאחר השריפה גוון החמר בהיר מאשר גוונו של הדגימה 263.

דגימה 265: דומה בגוונו לדגימה 263. התכווצותה בשריפה יותר נמוכה. דגימה 266: הדגימה מכילה הרבה ברזל ונותנת, איפוא, לאחר השריפה את הגוון הכהה ביותר. ע"י תהליך ההשריה אי אפשר לשפר את הגוון. דגימה 267: דומה לדגימה 262. כתוצאה מההשריה מתגלה לאחר השריפה הבדל ניכר בין גוונו של השכבה העליונה לתחתונה. העליונה נעשית בהירה מאד.

דגימות 321, 317, 316, 315: דומות זו לזו. לאחר טחינה דקה ביותר וניפוי דרך נפה מס. 200, מתקבל חומר פלסטי ביותר שאפשר לעבדו בנקל. ההשהיה הלחה משפרת את הפלסטיות שלו, אבל לא באותה מידה כמו הטחינה הדקה. כל הדגימות עומדות יפה בפני אש. הן מצטינות בתחום סינטור ארוך.

חוות הדעת של ד"ר פ. זינגר על החמר מואדי רומאן

החמר הבהיר לאחר שריפה

הנני מתכבד להשיב על שאלותיהם מיום ה-25.10.45 ולהודיעכם כי חמר זה, אם יעובד בדרך הנכונה, יוכל לשמש לייצור: —

(א) כלי חרס (earthenware) (כלי אוכל, מרצפות קיר).

(ב) מוצרים סניטריים (חמר אש, כלי חרס, כלי חרסית).

(ג) כלי חרסית עדינים (Fine stoneware).

(ד) לבני אש.

רצוני להוסיף שערכתי בחמר ניסויים מעבדתיים בלבד. העיבוד בקנה-מידה תעשייתי יהיה כרוך בעבודת הכנה נוספת מרובה.

דגימת החמר הישראלי הלבן הגיעה כשהיא כמעט יבשה (3.49% רטיבות).
שעור רטיבות זה אינו אופייני לחמר ואינו מצין אלא את המצב בו הגיע. החמר נראה
הומוגני ונטחן בקלות עד לדקות של מש 10.

ציינו את החמר במספר F. S. 8006 וסמנו בהתאם לכך את הדגימות.
הדגימה שנשלחה אלינו הכילה 5 ליבר' של גושים בגודל של $2\frac{1}{2}$ אינ' ו- $2\frac{1}{2}$ ליבר'
של גושים בגודל של $1\frac{1}{10}$ ולמטה מזה. נוכחנו לדעת ששני סוגי הגושים מורכבים
מאותו חומר, ע"י הכנת חרוטים לפי שיטת סגר ושריפתם בתנור מנהרה ב-1650°.
כל החרוטים היו בעלי שפה חדה, חומים-אדומים ולא הראו כל סימני היתוך.
כששמנו את גושי החמר במים הם התפוררו לגרגירים, אבל התופעה לא
היתה שלמה בנגוד להתנהגותם של קאולין, חרסית, חמר אש ואדמת פולר
(Fuller's Earth). הגרגירים הקטנים נשארו קשים באופן יחסי ולא גלו כל פלסטיות
ניכרת. אפשר היה לעצב לבנים קטנות. החמר במצב הגולמי הוא בעל גוון אפור,
ב-900° הוא צהבהב ואח"כ בעל גוון אבן עד שב-1650° הוא הופך חום-אדום.
החמר ניחן בסגולות טובות מבחינת היבוש והשריפה.

התכונות בתנאים שונים היא כדלקמן:

ההתכווצות מהמצב "הרטוב" (רטיבות 12.6%) עד יובש						
לאורך	1.66%	.	.	עד	מיובש	"
"	4.04%	.	.	900°	"	"
"	4.52%	.	.	1000°	"	"
"	7.00%	.	.	1100°	"	"
"	7.07%	.	.	1200°	"	"
"	8.11%	.	.	1300°	"	"
"	8.43%	.	.	1450°	"	"

ב"רטוב" כוונתנו למצב היבש המצצה והמתאים לכבישת בלוקים. עצבנו
את הבלוקים מחמר בדקות של מש 10, אשר הוכן ע"י פרור החומר במצב בו
הגיע, כשהוא כמעט יבש.

החומר הופך זכוכיתי באופן ברור סביב 1000°. התהליך נמשך בתחום
טמפרטורות נרחב ועודנו בלתי מושלם אף ב-1650°.

הלבנים אשר הוכנו היו חלשות כשנשרפו ב-900°, אבל חוזקן עלה באופן
ניכר בערך ב-1000° ואותו חוזק נשאר בתוקפו בסביבת 1650°. מכאן שתחום
העיבוד הוא נרחב ביותר!

חמר זה הוא חסון אש. נקודת היתוכו גבוהה מ-1650°. שהרי אינו מתחיל
להנתך אף בחרוט 31 (1650°). (ערכנו את הניסוי בתנור מעבדה רגיל והגבלנו את
הטמפרטורה לזו של החרוט 31). כיון שהחמר מס' F. S. 8006 לא הראה כל סימני
התכה, יהא עלינו לחזור על הניסוי ונודיעכם את תוצאותיו בהקדם האפשרי. בכל
אופן ברור שהחמר הוא חסון אש. אפשר להכין ממנו לבני אש ולדון על איכותן
על סמך הבדיקה המקובלת לחסינות אש.

להכנת לבני אש רגילות, אפשר להסתפק בפרור החמר בדרך הרגילה. אולם
להכנת לבני אש בעלות איכות גבוהה, רצוי מאד לטחון את החמר כפי שהוא מתקבל.

היינו כשהוא רטוב, לדקות של 200 מש. טחינה זו מגבירה את הפלסטיות שלו, ואעפ"כ עודנו שומר על תכונותיו המצוינות ביבוש ובשריפה.

העובדה שהחמר מתאים לייצור לבני-אש אינו שולל את האפשרות להשתמש בו למטרות אחרות. אמנם גוונו של החמר השרוף אינו נעים לעין ואינו מבטיח גדולות, אולם הוא יכול להגיע לדרגת פלסטיות גבוהה, כשהוא נטחן בדקות (ואין זו כלל וכלל תכונה כללית של סוג חמר זה!). עקב תכונה זו כדאי לנסות וליצר ממנו כלי חרס לבנים.

הניסויים הראשונים מראים עד לאיזו דרגה אפשר להלבין את החמר ע"י הכנת תערובת של החמר ופלינט הנשרף לבן ביחס של 1 : 1.

בדגימה אשר סמנו ב-F.S. 8006 № 1 היתה —

טמפרטורת השריפה	1150°
ההתכווצות ביבוש	4.7%
ההתכווצות בשריפה מן המצב היבש	0.7%
רטיבות במוצר המעוצב	15.5%

הגוון כמעט לבן ומצין את האפשרות לייצור כלי חרס לבנים. לפיכך הכנו כלי חרס טפוסי וסמנו אותם כ-F.S. 8006 מס' 4.

מס' 4 היה מורכב כדלקמן:

חמר F.S. 8006	25%
פלינט	37%
פצלת השדה	13%
קאולין	25%

ההרכב הממוצע של כלי חרס רגיל הוא כדלקמן:

קאולין	20% — 30%
חרסית	30% — 20%
פלינט	34%
אבן קורניש	16%

(בהרכב F.S. 8006 מס' 4 נסינו לחקות את כלי החרס האנגלי הטפוסי הזה). שרפנו את החמר ב-1150° והגוון לאחר השריפה היה לבן, מכאן שהוא מתאים להכנת מוצרים סניטריים ומרצפות קיר.

ההתכווצות מיובש עד לשריפה היתה	9.51%
הרטיבות לאחר אקסטרוזיה היתה	22.00%
ההתכווצות עד יובש היתה	5.30%

נראה לי שאפשר להכין גופי חרס אשר יכילו כמות גבוהה מזו של החמר הלבן הישראלי F.S. 8006 ובו בזמן ישמרו על גוונם הלבן, אלא שיש להשקיע עבודה מרובה בלימוד הבעיה. ברם, חקירה זו מספקת לגמרי כדי לקבוע שאפשר להשתמש בחמר הנ"ל לייצור כלי חרס לבנים.

איני יודע מהם חמרי הגלם העיקריים המצויים בישראל, אולם שמעתי שחול הזכוכית המצרי הוא סיליקה טהורה לבנה וכמובן שיהיה זול יותר לקנותו

מאשר להביא פלינט מאנגליה. כן יהיה צורך לברר אילוהם הקאולין ופצלת השדה המתאימים ביותר.

תחום השריפה הנרחב של החמרים האלה הניענו לנסותם גם להכנת כלי חרסית עדינים. סמנו את הדגימות F.S. 8006 № 2 והכנו אותן כדלקמן:

חמר ישראלי לבן	F.S. 8006	.	.	.	50%
פלינט	.	.	.	.	20%
פצלת השדה	.	.	.	.	30%
טמפרטורת השריפה	.	.	.	.	1250°
התכווצות עד יובש	.	.	.	.	4.70%
התכווצות מיובש לשריפה	.	.	.	.	7.69%
הרטיבות בגוף המעוצב	.	.	.	.	17.50%

גוון הכלי השרוף היה אפור-כסף בהיר ונעים לעין. גוון זה הוא אופיני לחמר לבן מסוג זה כשמיצרים ממנו כלי חרסית.

החקירות הראו שחמר זה מבטיח גדולות. לא יכולנו לערוך ניסויים נוספים עקב הכמות המוגבלת של החמר שהועמד לרשותנו. לפיכך אין אנו יכולים לדון אם חמר זה מתאים לייצור צינורות ניקות. גוף החרסית מס' 2 אינו מתאים לייצור צנורות אלה כיון שהוא יקר מדי ואינו יציב בשריפה במידה מספקת. על כל פנים יכולים אנו לסכם שהחמר הלבן F.S.8006 מתאים לייצור:

- (א) לבני אש;
- (ב) כלי חרס לבנים (כלי אוכל, מוצרים סניטריים ומרצפות קיר);
- (ג) כלי חרסית עדינים.

חמר זה הוא בעל ערך וכדאי לנצלו מבחינה מסחרית, אולם יהיה צורך בעבודה מרובה כדי לעבור מניסויי המעבדה אל תנאי התעשייה.

תמצית חוות הדעת של הגב' ה. גרוסמן על החמר בואדירומאן

חמר זה אשר בחיצוניותו, דומה לחמר מעבר-הירדן, הוא מהטובים ביותר אשר קבלתי בשנים האחרונות.

הוא מצטין ביתרונות הבאים:

1. אפשר לעבדו באובנים באופן טוב ביותר.
2. אפשר ליבשו בנקל.
3. התכווצותו עד 950° היא קטנה ביותר.
4. אפשר לשרפו באוירה מחזירה לגוון לבן-אפרפר, ובאווירה מחמצנת ללבן-צהבהב.

חמר זה מתאים לייצור מרצפות קיר, לבני-אש, מוצרים סניטריים, כלי מטבח, העומדים בפני אש, ומוצרי-חרס שונים.

החקירה בוצעה ע"י המכון לחקר התעשייה שליד הסוכנות היהודית בראשותו של ד"ר ק. כהן. עבודה גיאולוגית: ד"ר פ. סלומניקה. בדיקות כימיות וקרמיות: ד"ר י. לנדסברג.

שיטות להכנת תערובות קרמיות

מאת אינג' א. טאובר

מנהל המחקר, איגוד למחקר קרמי

בתעשית מקובלות שלוש שיטות לקביעת המנות ולהכנת התערובות

הקרמיות, ואלו הן:

(א) שיטת השקילה.

(ב) השיטה הנוזלית.

(ג) השיטה המעורבת.

(א) שיטת השקילה:

שוקלים באופן נפרד כל אחד מהחומרים לפי דרישות המתכונת ואח"כ מערבבים אותם. שיטה זו כרוכה בשתי תקלות רציניות. ראשית, עצם השקילות המרובות הקודמות להכנת התערובת הרי הן מקור לא אכזב לטעויות. ושנית, מתעוררת בעית הלחות בחומרים, התלויה בגורמים רבים ושונים, וכיון שאין נוהגים לקבוע את כמות המים ההיגרוסקופיים בכל מקרה ומקרה, הרי שמתגלים הבדלים ניכרים בין המתכונת התיאורטית לתערובות הממשיות.

כדי לתת לקורא מושג על שיעור הטעות האפשרי בגלל גורם הלחות בלבד, הרינו מביאים להלן את ההבדלים באחוזו הרטיבות העלולים להתגלות בחומרים שונים:

חמר: 5—15% (הפרש של 10%)

קאולין: 3—11% (הפרש של 8%)

חול: 0—5% (הפרש של 5%).

הבה נבדוק מהם השינויים העלולים לקרות במסה בעלת ההרכב הבא:

האנליזה הכימית:	ההרכב לפי המתכונת:
סיליקה 72.8%	חמר 35%
אלומינה 25.3%	קאולין 25%
תחמוצת הסידן	חול 25%
תחמוצת המגנזיום	פגמטיט 15%
אלקלים 1.4%	

ההבדלים הקיצוניים האפשריים יהיו, איפוא:

בחמר: $3.5\% = 10\% \times 0.35$. אחוז החמר עלול, איפוא, להיות גבוה או נמוך ב-3.5%.

בקאולין: $2\% = 25 \times 8\%$. אחוז הקאולין עלול, איפוא להיות גבוה או נמוך ב-2%.

בחול: $1.3\% = 25 \times 5\%$. אחוז החול עלול, איפוא, להיות גבוה או נמוך ב-1.3% . כתוצאה מהטעויות האלה עלול ההרכב הכימי להשתנות לחלוטין: אחוז הסיליקה עלול לעלות מ-72.10% ל-74.10% ובה בשעה ירד אחוז האלומינה מ-26.20% ל-24.20%*.

הבדלים אלה דים כדי לגרום להפרעות רציניות בשעת ההתכווצות, לגבי הפלסטיות ובקשר להתאמת הזיגוג לגוף הכלי. כדי למנוע את הליקויים הכרוכים בשיטת השקילה, גוברת יותר ויותר הנטיה במפעלים החדשים להחליפה בשיטה הנוזלית.

(ב) השיטה הנוזלית:

מכינים כל אחד מהמרכיבים בצורת דיסה. במקום משקל מסוים של כל מרכיב, מוסיפים את הנפח המקביל של הדיסה. בשיטת עבודה זו יש לקבוע בתחילה, אחת ולתמיד, עקומה בצורת ישר, המתאר את הקשר בין משקלו של ליטר דיסה לבין כמות החומר היבש שהוא מכיל. לקביעת הישר מאדים עד יובש אחת הדיסות וקובעים בשקילה את כמות החומר היבש אשר הכילה. כמובן שהישר עובר דרך הראשית ולפיכך די בקביעת נקודה אחת נוספת.

לאחר שהוכן התאור הגרפי, אפשר לבצע את המדידה בשתי דרכים:

(א) קובעים את הנפחים שיש לקחת מכל דיסה לפי כמות החומר היבש שהיא מכילה. משתמשים בדיסות בעלות משקל סגולי שונה.
(ב) בידי האדם האחראי נמצאים הנתונים על כמות החומר המוצק אשר מכילה הדיסה והוא מביא את הדיסה לידי הצפיפות הדרושה ע"י הוספת מים.

(ג) השיטה המעורבת:

השיטה המעורבת מקובלת במקרים בהם מכינים את המסות מחומרים קשים, (פצלת השדה, פגמטיט, קורץ בלתי טחונים), כגון שברי סלעים. במקרה זה שוקלים את החומרים הקשים לפי דרישות המתכונת ומפוררים אותם בטחינה. לאחר הטחינה מוסיפים את דיסות החומרים הפלסטיים (חמר, קאולין). בדרך זו חוסכים בעבודת הטחנה ובו בזמן מונעים את החלק העיקרי של הטעות אשר מקורו בלחות אשר מכילים החומרים הפלסטיים.

* לאור נתונים של פרופ' פ. מונייר, מנהל המכון הקרמי הצרפתי.

י ר י ע ו ת ה א י ג ו ר

האספה הכללית השנתית של האיגוד למחקר קרמי

האספה השנתית של האיגוד התקיימה ב־16 במאי 1951 במשרדי המועצה המדעית בקריה. מתוך 16 החברים היצרנים ו־3 החברים הלא יצרנים, נוכחו 11 חברים יצרנים (חבר אחד נעדר בגלל שהותו בחו"ל). וחבר לא יצרן אחד (חבר אחד נעדר בגלל מחלה).

יו"ר האיגוד מסר דו"ח על הפעולות והביא לפני הנאספים את תכניתו של האיגוד לעתיד ובמיוחד את התכנית להקמת מכון לחקר הקרמיקה. הגזבר מסר דו"ח בינים ואח"כ נערך ויכוח ער וידידותי על כל הסעיפים האלה. האספה הביעה את תודתה למועצה המדעית, למדור לחקר התעשייה של המשרד למסחר והתעשייה ולטכניון העברי על עזרתם לאיגוד. כ"כ הובעה הוקרה לועד המנהל של האיגוד על פעילותו הפוריה.

האספה החליטה להעניק למועצה המדעית ולמדור לחקר התעשייה גם לשנה הבאה את זכות ההצבעה ואת הזכות למנות נציגים בועד המנהל.

הוחלט להגדיל את מספר החברים היצרנים בועד המנהל ל־4 ונבחרו הא': א. וישינסקי — "חרסה", א. אונגר — "נעמן", פ. פרידמן — "לפיד", ק. כהן — "קדר". ובתור ממלאי מקום: ד. וכטל — "פלקרמיק" (ראשון), ח. י. כ"ץ — "פחר" (שני).

הוחלט לקבל את המפעל "מבחר" בתור חבר יצרן. החברה "ברבור" נתקבלה בתור חבר לא יצרן עד לזמן בו תתחיל בייצור. בקשת החברה "אמפליטון", אשר אינה עוסקת בייצור כבר זמן רב, נדחתה. אולם הוחלט לחזור ולדון בה באספה הבאה. המשך האספה נדחה לתאריך מאוחר יותר בו ימסר לחברים הדו"ח הכספי המלא.

דין וחשבון על פעולותיו של האיגוד למחקר קרמי *

(נמסר באספה הכללית ע"י מר א. וישינסקי, יו"ר האיגוד)

הגשנו את ראשי הפרקים כדי שתקבלו מושג מה על פעולותינו וכעת רוצה אני למסור לכם כמה הסברים לפעולות אלה.

בפנייתה של המועצה המדעית אלינו להקים "איגוד למחקר קרמי" ראינו בהתחלה רעיון נועז; לא משום שלא האמנו בהגשמתו או שלא ראינו צורך במוסד כזה, אלא משום שפקפקנו אם הוא ימצא הד אצל כל היצרנים ובאם יתנו בכלל את ידם למפעל זה. הננו לציין בשמחה — אחרי הנסיון שרכשנו בשנה החולפת — שהיסוסים אלה לא היו מבוססים כלל וכלל. נוכחנו לדעת שאל רוב המפעלים כבר חדרה ההכרה שהאיגוד נוצר בתור מכשיר למחקר בכל בעיותיה של התעשייה הקרמית בארץ, אולם בכדי להפוך מכשיר זה לחלק בלתי נפרד של כל מפעל ומפעל,

* מילואים לראשי הפרקים אשר נשלחו לחברי האיגוד לקראת האסיפה הכללית.

יהיה צורך להשלים את המלאכה שהתחלנו בה באותה הרצינות והמסירות ובאותה הרוח החברית ששררה בינינו במשך כהונתנו.
רצוני לעמוד בעיקר על שני כוונים בפעולתנו: הדרכה ומחקר.

הדרכה:

הכינוס הקרמי הראשון ביוני דאשתקד בהשתתפותו של ד"ר זינגר היה מאורע חשוב לאנשי התעשיה הקרמית, כיון שנערכו עיון ודיון רציניים בהרבה בעיות המטרידות תעשיה זו. הסקנו מסקנות מליקויים אחדים של הכינוס ולמדנו עובדה חשובה אחת — שרוב הבעיות הן באופן יחסי משותפות לכולנו ומשום כך אפשר גם לפתור אותן במשותף. בכינוס הזה למדנו להכיר את אנשי המקצוע שהם בבחינת נכס יקר שיש להעריכו, וכמובן את הכיוון הרצוי להדרכה ולהתיעצות המקצועית. מתוך כך הובהרו לנו קו הפעולה המידי ושיטת המחקר בה התחיל מר טאובר עם כניסתו לעבודה.

ההתיעצויות המקצועיות שערך ד"ר זינגר במפעלים עם אנשי המקצוע הראו לחלק מאתנו את הכיוון לביקורת רצינית על כמה מתהליכי העבודה. אמנם, עם כל ההערכה לד"ר זינגר, לא יכולנו לקבל את מסקנותיו בכל דבר, וזה מתוך שתי סיבות: א. בזמן הקצר של ביקורו לא יכול היה לחדור לעמקן של כל הבעיות שהתעשיה הביאה לפניו; ב. לא קל הדבר להראות דרכי עבודה לתעשיה שיש לה בעיות ספציפיות משלה, כגון החוסר בעובדים מקצועיים, הקושי להכניס שכלולים במפעלים המתוכננים להיקף קטן או שהוקמו מתוך חוסר תכנון רציני, התקלות בהשגת חומרי גלם לרגל המחסור במטבע זר, דבר הגורר אחריו עבודה בלתי סדירה עקב השינויים התמידיים בחומרי הגלם.

הרצאות. יש לציין את ההתענינות הרבה בסדרת הרצאות על נושאים קרמיים. היינו מעוניינים בשני דברים: בנושאים עיוניים שיהיו קשורים למקצוע ובהרצאות שתבהרנה את הבעיות לאחר הניסיון המעשי. אנו מצטערים שהמבחר התרכז דוקא בשטח השני. על כל פנים, ראינו בהסברה מקצועית חלק בלתי נפרד של פעולתנו.

הילקוט. עשינו נסיון נועז להוציא את הילקוט המקצועי הראשון בעברית. לפי הגבת החברים והמעוניינים בדבר, אפשר לראות שיש ענין רב בהמשך הוצאת הילקוט ובהרחבתו. ילקוט מס. 2 עומד לצאת בקרוב וזה הודות להתמסרותו של מר י. שכטר, שקיבל על עצמו את העריכה.

התיעצויות עם מר טאובר. בקשנו ממר טאובר ללמוד את בעיות המפעלים ולהגיש הצעות בקשר לאותם השלבים בתהליכי העבודה הטעונים שינוי. הוא נתבקש גם לעמוד לרשות החברים בתכנון המפעלים והרחבתם, ובאם יש צורך בכך אף לעבד מתכונות למוצרים והוראות לשימוש בהם. רצוני לציין את העובדה שדוקא מפעלים שלפי דעתו של מר טאובר היו מאד זקוקים לעזרה מקצועית לא נצלו הזדמנויות זו. רצוי לשמוע דעת החברים על סיבת הדבר.

מחקר:

עבודת המחקר התחילה למעשה רק בחודשים האחרונים, משום שקדמה לה עבודה ארגונית. מי שבקי בעבודה זו, לא יצפה כעבור זמן קצר כזה לתוצאות

ממשיות. טפלנו בשני דברים יסודיים: בעית הגבס ובעית חמרי הנגב. הגבס. כפי שידוע לכולכם, גרם השימוש בגבס בארץ עד כה לקשיים מרובים כמעט לכל התעשייה הקרמית. מר טאובר חקר בדבר ולאחר ניסויים רבים הוא בא לכלל מסקנה, שהמגרעות בטיב הגבס אינן נובעות דוקא מליקויים בטיב חומר הגלם, שאינם ניתנים לתיקון, אלא שהסיבה העיקרית נעוצה בעיבודו במפעל „נשר“. מר טאובר הציע לנו שינוי בשיטת העיבוד והשריפה ועיבד בעצמו בקבוצת „גשר“ (בעלי מחצבה) כמות מסוימת של גבס. כמות זו נמסרה, עם הוראות לשימוש, למפעל „פלקרמיק“, וממפעל זה קבלנו תוצאות חיוביות בהחלט. באותו מפעל יצקו לשם השוואה תבניות מהגבס הישן ומהחדש באותו זמן. עד היום נעשו בהן 13 יציקות. התבניות מהגבס הישן כבר נפגמו לאחר השימוש המועט, בו בזמן שהתבניות מהגבס החדש לא נפגמו כלל. עוד מעלה אחת לגבס הזה — הארכת זמן ההתקשרות מ-3 ל-12 רגע.

משום כך באנו למסקנה, שעלינו להכנס לעובי הקורה בפרשת הגבס. אחרי שנוכחנו לדעת, שאין ב„נשר“ התנאים הדרושים לשינוי תהליכי היצור, התחלנו לעורר את תשומת לבם של חוגים מעוניינים בפיתוח מפעל לגבס לפי הוראותיו של מר טאובר. ניהלנו מו"מ עם קבוצת „גשר“ ועם מפעל של „סולל בונה“ שברשותו ישנה מערכת שלמה לעיבוד גבס. המפעל האחרון מוכן להעמיד לרשותנו את המקום והציוד כדי לערוך ניסוי בגבס בקנה מידה גדול; בימים הקרובים יצא מר טאובר למקום ויתחיל בעבודה זו. מהגבס הזה יקבל כל מפעל כמות ידועה לנסיון ולאחר שיתבררו באופן מוחלט יתרונות הגבס החדש, אפשר יהיה להמליץ על הקמת המפעל הזה, או מפעל אחר אשר יהיה מוכן לקבל על עצמו את עיבוד הגבס לפי הוראות מנהל המעבדה.

חומרי הנגב. פה אמסור מה שעשינו ומה שלא עשינו, ומדוע. במעבדות של כמה מפעלים הצטבר חומר מענין מבדיקות וניסויים בחמר מואדי חתירה, תל רוחמה וואדי רומן. בכל זאת אי אפשר על יסוד חקירות אלה — מלבד אולי החמר מתל-רוחמה — לגשת לניצול המחצבים, הואיל והדגימות שנבדקות היו ברובן ארעיות. אנו סבורים, שכל עוד אין לנו נתונים על גודל כל מחצב, וטיב החומר לכל אורכו ורוחבו של המחצב, ובפרט אחידותו, יהיה בזה משום פזיזות למסור למר טאובר עבודת מחקר.

כידוע מטפלת הממשלה, ובאופן ישיר „חברת מחצבי ישראל“ בניצול אוצרות הנגב. המעוניינים העיקריים בחמרים של הנגב ובהשגחה על צורת ניצולם הם אנשי הקרמיקה. מסיבה זו ובהתאם להחלטת האסיפה הכללית היוצאת מן הכלל בפברואר ש.ז., נענינו ברצון להזמנת המועצה המדעית לפגישה לשם דיון על יסוד חברת בת לניצול חמרים. לפגישה הנ"ל הוזמנו לקריה התאחדות בעלי התעשייה, מרכז הקואופרציה, חברת כור, קרן השומר הצעיר והאיגוד. הישיבה לא הגיעה לכלל החלטה סופית, הואיל ונציגי שני גופים — התאחדות בעלי התעשייה ומרכז הקואופרציה — לא הופיעו.

הועד המנהל היה מעונין מאד בקידום החקירה הגיאולוגית שהיא תנאי מוקדם לעצם הניצול. אולם הקושי הוא בזה, שאין אנו הבעלים של רשות הנגב ושאינן לרשותנו לא תקציב ולא חבר גיאולוגים הדרושים למען מבצע זה, ואולי

אין זה כלל מתפקידנו. אשר לעצם החמר, הרי חברי למקצוע היושבים פה יכולים למסור פרטים על הניסויים האלה, באם ירצו בכך, אולם כמובן ללא גושפנקא רשמית של האיגוד. כאמור, מוקדם מדי למסור היום פרטים מדויקים על חומרי הנגב (חוץ משעל חול) למרות כל הפרסומת שזכו לה בעתונות ובכנסת. אין ספק שנמצא בנגב חמרים בשפע לענפים רבים של התעשייה הקרמית. רק אחרי שהענינים יתבררו יותר אפשר יהיה למסור למר טאובר לערוך את הניסויים הדרושים בכל ענף וענף של תעשיית הקרמיקה. בינתיים מנתה "חברת מחצבי ישראל" את הד"ר בן-תור כמקשר לאיגוד ואנו מקוים להתחיל בעבודה בקרוב.

ניסויים אחרים:

כידוע ישנה תיאוריה הממליצה על השימוש באלקטרוליט אורגני כמנוזל. זאת גם דעתו של ד"ר זינגר. על כן שמחנו מאד כאשר פרופ. הימן הכין תכשיר של הומט מחומר גלם מקומי. מר טאובר קיבל על עצמו לבדוק עד-כמה הוא מתאים לשמש תחליף למי הזכוכית או הסודה המקובלים כיום בתעשייתנו. לעת עתה הטיפול הוא בשלב נסיוני. התוצאות הראשונות מעודדות, אך מוקדם מדי עדיין להוציא מסקנות.

כן ברר מר טאובר את האפשרות להשתמש במרגל המצוי באזור חיפה כחומר יסוד בייצור מרצפות קיר. תוצאותיו החיוביות של הניסוי המעבדתי זורעות אור על הדרכים ליצר כלי חרס סידניים מחומרי גלם, שהם בחלקם הארי, מקומיים. מלבד עבודתו ההדרכתית ביצע מר טאובר עבודות מחקר בקנה מידה רחב למדי בשימושים בחומרי גלם עבור מספר מפעלים. ועדת המחקר פעלה בראשות פרופ. הימן, מחוץ למסגרת הוועד המנהל.

ציוד. כידוע ציוד מעבדתנו הוא בראשיתו. הוזמן חלק גדול של הציוד הדרוש מארה"ב ומצרפת. אנו מקוים, כי בואו יתן תנופה לכל עבודתנו.

עם כל האורות והצללים שנתגלו במשך עבודתנו, אפשר לקבוע, שבהקמת האיגוד והתחלת פעולותיו הנחנו את היסוד למפעל, אשר עלול להגיע לאותה רמה של האיגודים הדומים בארצות אחרות. אל נשעשע את עצמנו באשליה שהדרך לביצוע תהיה קלה. אלה שימשיכו בעבודה זו חייבים להיות מוכנים לקשיים המרובים, אשר יעמדו בפניהם וכן לעול ולאחריות הכרוכים בעבודה היום-יומית. הצלחת עבודה זו מותנית בשני גורמים: באנשים בעלי רצון ויכולת לבצע מפעל כזה ובעזרתם המוסרית והחומרית של כל חברי האיגוד. גם עזרתם של המוסדות הממשלתיים מובטחת לנו רק בתנאי, שנהיה ראויים להגשמת משימה זו.

ובטרם אסיים רצוני להביע את תודתנו הנאמנה למועצה המדעית לישראל ולטכניון העברי על העזרה הרבה אשר הושיטו לנו בחומר וברוח. הנני תקווה כי שיתוף הפעולה האמיץ עם מוסדות אלה אשר הביאנו עד הלום, יסיע לנו גם להבא בהגשמת תכנית פעולתנו.

וכעת כמה מלים על הפעולות בעתיד:

הוועד המנהל ראה חובה בזה לסמן כמה פעולות עיקריות, שעל הוועד החדש להמשיך ולהביא אותם לידי גמר ואלה הן:

1. להגביר את התועלת אשר האיגוד מפיק מן המעבדה.
2. להזמין מיד 2 תנורי ניסוי מוסקים בשמן עבור טמפרטורות גבוהות, האחד תנור פריטה והשני תנור רגיל, שמימדיו בערך 30 על 40 ס"מ.
3. להטיל על מר טאובר עיבוד הצעות קונסטרוקטיביות לשימוש בחומרי גלם מקומיים בתור חומרי יסוד.
4. לבוא בדברים עם גורמים העונינים בהקמת מפעל גבס מתאים לתעשיה הקרמית.
5. לבוא בדברים עם מוסדותינו ומוסדות חוץ בדבר הקמת מכון לחקר התעשיה הקרמית בקנה מידה חצי-תעשיתי.
6. לדאוג להחשת חקירות חמרי הנגב. על האיגוד לקבוע את אופן הניצול.
7. לארגן כינוס קרמי שני בהשתתפות אישיות מרכזית.
8. להרחיב את סדרי ההרצאות לחוגים המעונינים ולעובדי המפעלים.
9. לארגן תערוכה של מוצרי הקרמיקה, בעיקר מחומרי גלם מקומיים.
10. לארגן חוג קרמיקאים על-יד האיגוד ולהעמידם על ההישגים החדשים בקרמיקה.
11. להוציא את ה"ילקוט" בתור רבעון.
12. לרכוש חומר קריאה מקצועי.
13. להעביר משאל במפעלים על שיטת ההתיעצות בין המפעלים ומר טאובר.
14. להקים ארכיון על יד האיגוד.

הצעה למכון למחקר קרמי בקנה מידה חצי-תעשיתי (פילוט-פלאנט)

מעובד ע"י אינג' א. טאובר

הוגש ע"י הוועד המנהל של האמ"ק לאסיפה השנתית הכללית ביום 16.5.1951.

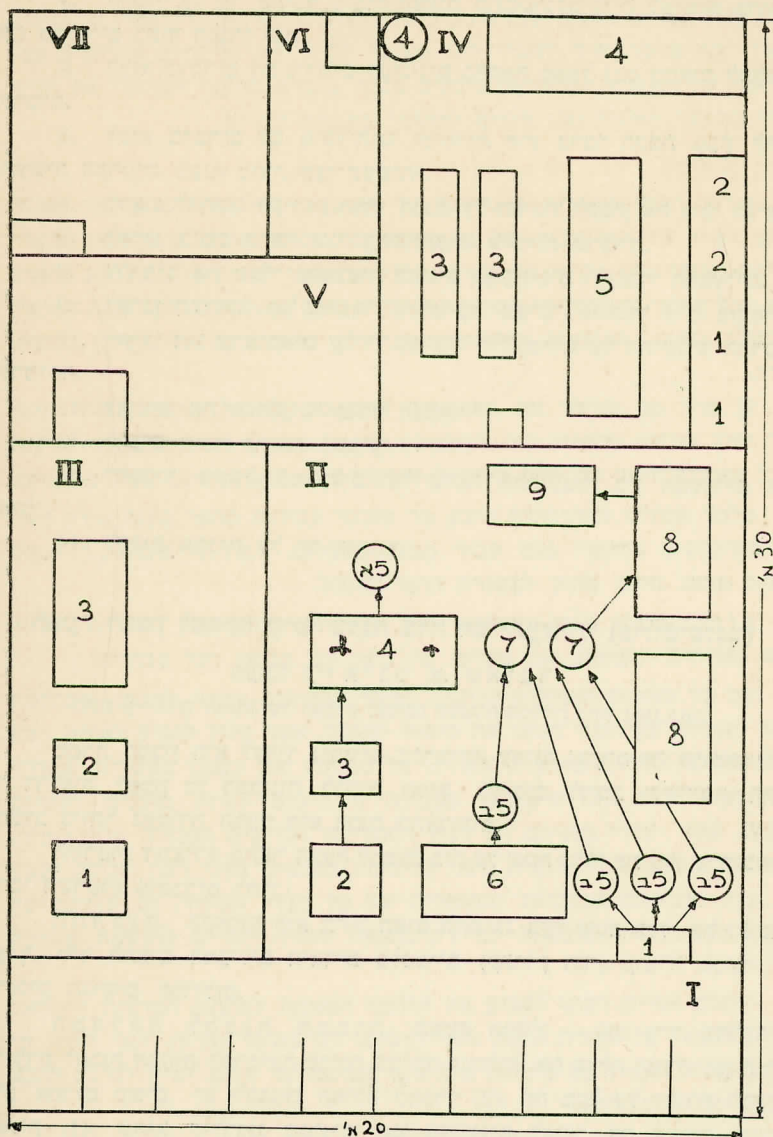
מטרת המכון היא לערוך ניסויים בקרמיקה עדינה ובקרמיקה אדומה. לשם כך דרושות למכון כל המכונות להכנת מסות, לעיצוב, לזיגוג ולשריפה. החלק החשוב ביותר בעבודת המכון היא הכנת התערובות.

השרטוט המצורף מתאר הצעה למפעל כזה על שטח כללי של 600 מ"ר בערך, פרטי השרטוט מוסברים להלן:

ההחסנה. ההחסנה היא ב-10 תאים תחת גג בעל שטח כללי של 80 מ"ר בערך. ליד התאים המכילים חומרים פלסטיים (קאולין וכו') עומדת מכונה (1) לריסוק הגושים הגדולים.

המחלקה להכנת המסות. השטח הכללי — 280 מ"ר. מחלקה זו מיועדת להכנת המסות לקרמיקה עדינה בשיטה הנוזלית. את פצלת השדה, וכן חומרי גלם אחרים קשים, יש להכניס תחילה למפרך (2), וזה מקל על עבודת המכונה השניה (3), שהיא קולרגנג מגרניט. אנו מעונינים לפורר את החומר במידה האפשרית במפרך, הואיל ותהליך זה זול בהרבה מטחינה. החומר המפורר עובר לטחנת כדורים (4), המרופדת בסילכס. הטחינה נעשית בעזרת אבני סילכס ומים. את החומר הטחון יוצקים לבור עם פרופלר (5א).

החול נטחן בטחנת הכדורים (6) ומועבר לבור (א5).
 החמר והקואלין מועברים ממכונת הריסוק (1) לבורות ההחסנה (ג5).



הצעת תכנית למכון למחקר קרמי.

I. מחסן, II. המחלקה להכנת המסות, III. המחלקה לקרמיקה אדומה, IV. חדר העיצוב, V. מחלקת הזיגוג, VI. חדר הנבס, VII. מחלקת התגורים.

צירוף המנות לתערובות*. את צירוף המנות לתערובות אפשר לערוך במחלקת ההכנה בשתי שיטות: א. החומר במצב מוצק, ב. החומר במצב נוזלי.

א. החומר במצב מוצק: להרכבה במצב מוצק יש לשקול לחדל כל חומר בכמות הנתונה במתכונת התערובת. בשיטה זו אפשר להשתמש בטחנת הכדורים (4) או (6). הליקויים בשיטה זו הם ראשית האפשרויות הרבות לטעויות בשקילה ושנית — השינויים התמידיים בהרכב התערובות לרגל ההבדלים בכמות המים ההיגרסקופיים בחומרים.

ב. החומר במצב נוזלי: מחלקת ההכנה בנויה באופן הנותן עדיפות לשיטה זו, הואיל והיא מדויקת יותר. בשיטה זו מוסיפים כל מרכיב בצורת דיסה. שוקלים ליטר אחד וקוראים בגרף מהו אחוז החומר המוצק המתאים למשקל זה. הגרף הנ"ל מתאר את עלית המשקל הסגולי של הדיסה עם עלית כמות החומר המוצק בה. זוהי פונקציה לינארית, אשר נקודה הראשית של הקו המתאר אותה ידועה — מים נקיים, בהם 0 חמר מוצק אשר משקלם הסגולי 1. מספיק איפוא, לקבוע את הקואורדינטות של נקודה שניה כל שהיא (משקל ליטר דיסה המכיל כמות מוצק ידועה) כדי לשרטט את הישר.

לפי כמות המוצק בליטר אחד מחשבים את הנפחים הדרושים מכל דיסה ומעבירים אותם מבורות ההחסנה (5) לבור התערובת (7), המצויד בבוחש ובסקלה לקריאת נפח הנוזל שבו. (במחלקת ההכנה ישנם, כפי שאפשר לראות מהשרטוט, שני בורות כאלה). לאחר הערבוב מועברת התערובת מבור (7) למכש סינון (8) filter press ו"העוגות" מכאן — למכתש ואקום (9) pug mill.

המחלקה לקרמיקה אדומה: במחלקה נפרדת זו מכינים את החומר לקרמיקה אדומה. המחלקה מצוידת בשלוש מכונות: (1) מכתש (2) קולרגנג (3) מכתש ואקום. במחלקה זו עלינו להכין את החומר ולתת צורה ללבנים השונות ולרעפים. לכן מצורף למס. (3) אקסטרודר המותאם לצורות שונות של לבנים מלאות, חלולות ודקות.

מחלקת העיצוב. שטחה 120 מ"ר. יש בה שני זוגות אובניים מכניים לספלים (1) ושנים — לצלחות (2). בור אחד שבמחלקה זו משמש להכנת דיסה מהעוגות של מכש הסינון (8), בתוספת מים ואלקטרוליטים. שני שולחנות מיועדים ליציקות וכמו כן ישנם מדפים ליבוש המטריצות והיציקות. מכש יד שראתו חדר נותן אפשרות לניסויים במסות קרמיות שונות.

מחלקת הזיגוג. שטחה 50 מ"ר. במחלקה זו טחנת כדורים קטנה להכנת זיגוגים. כמו כן תנור פריטה קטן ומתקן לציפוי ע"י ריסוס.

חדר הגבס. 21 מ"ר. במחלקה זו ימצאו אובניים לגבס ושולחנות להכנת דפוסי גבס.

מחלקת התנורים. שטחה 49 מ"ר. באולם זה יעמוד קומפרסור לאויר דחוס, מתקן ריסוס, תנור מזוט ותנור חשמלי קטן. ביחס לתנורים יש להעיר, כי

* ראה פרטים נוספים במאמרו של אינג' א. טאובר: שיטות להכנת תערובות קרמיות, בגליון זה.

למכון אין ענין בבניית תנור גדול, הואיל ומטרת המפעל אינה ייצור אלא אך ורק ניסוי. לכן מספיק שטחה הקטן באופן יחסי של מחלקת התנורים. העובדים. קשה לקבוע מראש את מספר העובדים אשר יידרש. אפשר להניח בערך: 1 טכנאי, 2 עובדים בהחסנה, 1 בטחינה, 2 בעיצוב, 2 בזיגוג ו-1 לסידור וניקוי, היינו 8 איש.

בקיצור

מר א. וישינסקי יצא ב-20 לאוגוסט לסיור השתלמות באירופה. בהעדרו ימלא את מקומו מר א. אונגר, אשר יכהן כיו"ר האיגוד נוסף על תפקידיו כמזכיר. לאותה תקופה נספה לועד המנהל מר ד. וכטל, ממלא המקום הראשון. האיגוד מלווה את מר וישינסקי במיטב איחוליו ומצפה לשובו כשהוא גדוש רשמים וידיעות שיהיו ללא ספק לתועלת לתעשייה הקרמית הישראלית בכללה.

גב' מ. ליטנר M.Sc. הועסקה ע"י האיגוד החל מה-1.7.51 בתור אסיסטנטית למנהל המחקר ומזכירה.

המעבדה רכשה מכש ואקום מעבדתי (deairing pug will) מתוצרת הפירמה Boaz בלוס-אנג'לס.

כתבי-העת הבאים נמצאים במעבדת האיגוד ועומדים לרשות החברים:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1) L'Industrie Céramique. | 4) Ceramic Industry. |
| 2) American Ceramic Society Bulletin. | 5) Brick and Clay Record. |
| 3) The British Clayworker. | 6) Ceramic Age. |

מ ע ב ר ר ת ה א י ג י ר

דו"ח מס' 1: מחקר הגבס המופק בקיבוץ "גשר"

הקדמה:

נושא לעבודת מחקר זו שימש הגבס המופק במחצבת קיבוץ "גשר" אשר בכביבות בית-שאן. מטרת העבודות היתה שיפור איכותו של הגבס הנוכחי והתאמתו לצרכיה של התעשייה הקרמית. החקירה העלתה שחסרונותיו העיקריים של הגבס המופק כיום הם:

(א) זמן נזילות קצר מדי.

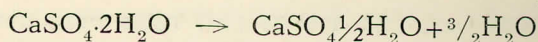
(ב) התמצקות מהירה מדי.

שני החסרונות הללו מקשים על עיצוב הגופים. הוחלט, איפוא, לחקור מהן הסיבות הגורמות לתקלות אלו ולחפש שיטת ייצור אשר תבטיח גבס מעולה יותר. ממחצבת "גשר" מפיקים גבס משני סוגים: האחד לבן והשני שחור. ההפקה מוצאת לפועל בעזרת חומרי נפץ ובעזרת פטיש נוקב המופעל ע"י אויר דחוס. חקירת התנאים על המקום העלתה שהמחצבה לא הופעלה כראוי. הגבס המובא לבית-החרושת "גשר" מכיל תערובות עפר מזיקות שדבקו בו בשעת ההפקה. למטרותיה שר התעשייה הקרמית הכרחי לברר את חומר הגלם ולהרחיק את הפסולת לפני הקליה.

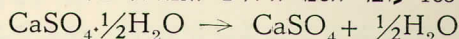
ייצור הגבס:

כידוע מאבד הגבס הגולמי מים בשעת הקליה ובסביבת 128° מתחיל להווצר

הסמיי-הידרט:



בסביבת 168° עובר הסמיי-הידרט לאנהידריט:



ערכנו במעבדה שלושה ניסויי קליה.

א. קליה בתנור חשמלי ב- 150° .

לפני הקליה פוררנו את הגבס בעזרת מפרך לסת עד שקוטר הגרגירים הגיע ל- $10-8$ מ"מ. הכנסנו 500 גר' של הגבס הנ"ל לתנור בטמפרטורה של 150° וכעבור שעות נשארו עדיין גרגירים של הגבס הראשוני אשר לא הפסידו מים. כדי להפוך את כל החומר לסמיי-הידרט היה צורך ב-4 שעות קליה בטמפרטורה הנידונה.

ב. קליה באמבטיה שמן ב- 150° .

טחנו את הגבס לאבקה במכשיר בעל נפה מספר RD 039 (בערך 1 מ"מ קוטר) ערבבנו את החומר במשך כל זמן הקליה אשר ארכה שעותיים.

ג. קליה באמבטיה שמן ב- 180° .

טחנו את הגבס כמו בניסוי הקודם וקלינו אותו ב- 180° תוך ערבוב מתמיד.

ניסויים בגבס:

א. זמן הנזילות והעיבוד (לפי שיטת הרטמן).
שיטת הבדיקה: מערבבים 100 גר' גבס עם 100 גר' מים במשך 2 דקות. שוטחים את הגבס בצורת בצק על גבי זכוכית. בעזרת סכין מעבירים קו על גבי הגבס כל 30 שניות. בשעה שהקווים חדלים להעלם, הרי שהגבס אינו נוזל יותר.

בדקנו בשיטה זו את הגבס שנתקבל בשלוש שיטות הקליה המתוארות לעיל וקבלנו את התוצאות הבאות:

א. קליה ב- 150° (תנור חשמלי) — 4 דקות

ב. קליה ב- 150° (אמבטית שמן) — 5 דקות 30 שניות

ג. קליה ב- 180° (אמבטית שמן) — 7 דקות 30 שניות

לאור תוצאות אלו הפסקנו להתעניין בגבס אשר נקלה ב- 150° , כיון שזמן העיבוד שלו קצר מדי. גם זמן העיבוד של הגבס אשר נקלה ב- 180° אינו משביע רצון לחלוטין כיון שרצוי להגיע ל-12—10 דקות.

הניסויים הנוספים הבאים נערכו בגבס אשר נקלה ב- 180° .

ב. איבוד מים הרכובת

יבשנו 5 גר' גבס בתנור יבוש במשך שעה ב- 100° . העברנו לכלי גדול יותר וליבנו עד אודם בעזרת בונזן. הפרש המשקלים הגיע ל-6.1%. מכאן שהגבס אשר נתקבל בשריפה ב- 180° אינו סמי-הידרט טהור, אלא מכיל כבר כמות קטנה של האנהידריט.

הסמי-הידרט מפסיד בשעת ליבון עד אודם בערך 6.6% ממשקלו.

ג. זמן ההתקשרות

שיטת הבדיקה: מערבבים גבס במים ביחס משקלי של 1 : 1. שמים את הכלי המכיל את הגבס בטרמוסטאט ורושמים את הטמפרטורה כל שלושים שניות. תחילת ההתקשרות נקבעת ברגע שהטמפרטורה מתחילה לעלות. ההתקשרות מסתימת ברגע שמושגת הטמפרטורה המכסימלית.

בניסוינו עלתה הטמפרטורה מ- 13.5° ל- 27° במשך 29 דקות.

ד. נקבוביותו של הגבס

שיטת הבדיקה: הנקבוביות נקבעת ע"י השרית הגבס היבש בטולואין לאחר שעתיים מוציאים את הגבס מן הטולואין, שוקלים אותו ומחשבים את הנקבוביות ב-% ע"י התוספת במשקל.

נקבוביותו של הגבס הנ"ל היתה 54, לאור הנתונים כדלקמן:

$$1356.100 = 54\%$$

$$2572$$

הנקבוביות היתה, איפוא, משביעת רצון.

ה. ההתנגדות המכנית

שיטת הבדיקה: מכינים 3 דגימות עבור מאזני מיכאליס. שטח השבירה מגיע ל-6.4 סמ"ר. מיבשים את הדגימות ב-40° במשך 7 ימים. קבלנו את התוצאות כדלקמן:

$$1. \quad 105 \text{ ק"ג על } 6.4 \text{ סמ"ר} = 16.4 \text{ ק"ג/סמ"ר}$$

$$2. \quad 80 \text{ ק"ג על } 6.4 \text{ סמ"ר} = 12.5 \text{ ק"ג/סמ"ר}$$

$$3. \quad 107 \text{ ק"ג על } 6.4 \text{ סמ"ר} = 16.7 \text{ ק"ג/סמ"ר}$$

ממוצע: 15.2 ק"ג/סמ"ר

ו. אנליזה כימית*

האנליזה העלתה שהגבס הנ"ל אינו מכיל כל סולפטים של המתכות האלקליות. הוא מכיל 0.5% דו תחמוצת הצורן, 0.2% תחמוצת האלומניום ו-1.1% סולפט המגנזיום. נוכחות סולפט המגנזיום אינה רצויה כיון שהיא מקצרת את זמן ההתקשרות.

מסקנות:

לאור הניסויים הנ"ל אפשר להסיק מסקנה מעודדת בקשר לגבס המופק בקיבוץ „גשר“.

מענין להשוות את התוצאות שהשגנו עם הנורמות האמריקאיות של הגבס המעובד ע"י עיצוב:

כמות $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ בגבס שלנו היא 98.3% לעומת מינימום של 80% לפי הנורמות האמריקאיות.

זמן ההתקשרות — 29 דקות לעומת 40—20 דקות.

ההתנגדות המכנית 14 ק"ג/סמ"ר — לעומת 15.2 ק"ג/סמ"ר.

כל החומר עובר בנפה 30 (0.59 מ"מ) ו-90% ממנו בנפה 100 (0.149 מ"מ) —

לעומת 19% — בנפה 42; 78.5% — בנפה 100; 5.25% בנפה 120; 2.5% בנפה 150;

1.75% — בנפה 200; 1% — שויר.

השוואה זו מוכיחה שגבס „גשר“ ראוי לשימוש בתעשייה הקרמית. בשלב הבא

יש, אפוא, לערוך ניסויים בקנה מידה חצי-תעשייתי ולקלות כמות ניכרת של גבס.

את הגבס אשר יתקבל יש לחלק בין בתי החרושת כדי שינסוהו בשימוש מעשי.

לשם ייצור גבס לעיצוב הנני להמליץ על הגבס הלבן של מחצבת „גשר“.

אין באפשרותי לתת תאור מדויק של שיטת הקליה בתנור תעשייתי כיון שזו תלויה

במבנה התנור. בכל אופן יש להשתדל לייצר סמי-הידרט ע"י קליה בטמפרטורה

של 180° בערך.

האיכות הגרועה של הגבס שמספק „גשר“ ללקוחותיו מקורה, לדעתי,

בתקלות הבאות:

(א) ברור בלתי מספיק של חומר הגלם.

(ב) טכניקת קליה בלתי מתאימה להכנת גבס לעיצוב.

אינג' א. טאובר

* האנליזה הכימית המפורטת מצורפת כנספח לדו"ח זה.

האנליזה הכימית של גבס „גשר“

— נספח לדו"ח מס' 1 —

הגבס הכהה	הגבס הלבן								
10.5%	5.9%	.	.	.	.	.	.	200°	הפסד ב-
10.8%	6.4%	.	.	.	.	.	.	500°	הפסד ב-
	0.5%	.	.	.	.	.	.		תחמוצת הסיליציום
	0.2%	.	.	.	.	.	.		תחמוצת הברזל והאלומניום
	91.9%	.	.	.	.	.	.		סידן מחושב כסולפט הסידן
	1.1%	.	.	.	.	.	.		מגנזיום מחושב כסולפט המגנזיום
	0.2%	.	.	.	.	.	.		תחמוצת הברזל והאלומניום
	—	.	.	.	.	.	.		אלקליות
	65.6%	.	.	.	.	.	.		סולפטים

בוצעה במבדקה הכימית של הטכניון העברי בחיפה

דו"ח מס' 2 : על השימוש במרגל המצוי באזור חיפה לייצור מוצגות קיר

הקדמה :

בתחילתן היו מוצגות הקיר, כמו כל גופי החרס, גופי חמר צורניים. אולם במרוצת הזמן התחילו להכניס מעיסת חמר סידנית מצופה זיגוג בדילני. כיום אין מיצרים אותם אלא מחרס סידני, חרס מעורב או חרס המכיל פצלת השדה. מוצגות בעלות איכות טובה מצטינות בתכונות הבאות :

(א) זיגוג קשה העומד בפני אמצעי הניקוי השונים.

(ב) אי הופעת סדקים.

(ג) אחידות בגוון ובמימדים.

במהלך הייצור יש להקפיד על כך שהעיסה לא תהא רזה מדי ותוכל איפוא לספח כמות מופחתת של מים ללא לחץ חיצוני. למטרה זו משתמשים בכמות מסוימת של חמר שמן מסוג החרסית (בול קלי). אי לזאת יש להוסיף לעיסה כמות מסוימת של חמר מרזה, המתאים במיוחד לייצור בשיטת הכבישה, כיון שאפשר בנקל לשחררו מאויר.

חומר הגלם :

בבחירת חומרי הגלם שמנו לנו למטרה ליצר גוף חרס סידני, תוך שימוש מינימלי בחומר יבוא, ולפיכך בחרנו בתערובת הבאה :

1. מרגל מאזור חיפה.

2. חול הנגב.

3. קאולין מס' 39 (ממוצא אנגלי).

4. חמר BWS (ממוצא אנגלי).

האנליזה העלתה את הרכבם של החומרים הללו כדלקמן.

1. המרגל
 CaO — 24.2%
 SiO_2 — 32.0%
 MgO — 5.8%
 Fe_2O_3 — 3.0%
 הפסד בליבון — 30.7%

2. חול הנגב מובא בחשבון כסיליקה טהורה.

3. קאולין מס' 39
 SiO_2 — 47.00%
 Al_2O_3 — 38.15%
 Fe_2O_3 — 0.48%
 TiO_2 — 0.13%
 MgO — 0.07%
 CaO — 0.24%
 K_2O — 1.74%
 הפסד בליבון — 12.65%

(4) החמר BWS (אנליזה באומד)

SiO_2 — 77.5
 Al_2O_3 — 13.8
 CaO — 0.7
 MgO — 0.3
 Fe_2O_3 — 0.7

הכנת התערובות:

חשבנו את התערובות הדרושה לאור הרכבם של ארבעת החומרים המתוארים לעיל. הודות למרגל אפשר להרכיב את העיסה ללא תוספת סיד, כיסוד המסיע להיתוך. לאחר הכנת התערובות טחנו אותה במכשיר מעבדתי בעל עומס של 5 ליברות.

הרכב העיסה

מס'	שם	משקל	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	הפסד בליבון
1	מרגל	27.5	8.80	1.59	6.65	1.15	0.83			8.40
2	קורץ מהנגב	47.50	47.50							
3	קאולין 39	10.00	4.70	3.80	0.02		0.04	0.01	0.17	1.26
4	חמר BWS	15.00	11.60	2.05	0.09	0.03	0.09	0.24	0.21	0.48
	סה"כ	100.00	72.60	7.44	6.76	1.18	0.96	0.25	0.38	10.14

טענו את הטחנה בשני שלבים ובשתי תערובות שונות.

תערובת א': מרגל — 0.55 ק"ג
 חול — 0.95 ק"ג
 מים — 1.50 ליטר
 כדורים — 2.00 ק"ג

תערובת ב': קאולין 39	—	0.20 ק"ג
BWS	—	0.30 ק"ג
מים	—	0.50 ליטר
כדורים	—	2.00 ק"ג

תערובת א' נטחנה תחילה במשך 24 שעות ותערובת ב' משך 6 שעות. סה"כ היו, איפוא, 30 שעות טחינה. לפני הכנסתו לטחנה, פוררנו את המרגל. את מוצר הטחינה יבשנו על לוחות גבס, ואח"כ שרפנו חלק ממנו בתנור חשמלי ב- 950° . באופן זה נתקבל יסוד מרזה (שמוט) שיהווה חלק מעיסת המרצפות, אשר תורכב כדלקמן:

שמוט (אשר הוכן כמתואר לעיל)	— 40%
עיסה גולמית	— 60%

טוחנים את התערובת הנ"ל לאחר שהוסיפו לה מים וכדורים כמשקלה (היינו: תערובת, מים וכדורים ביחס 1 : 1 : 1) במשך 24 שעות. הגוף הסופי המתקבל הוא בעל ההרכב הבא:

הרכב הגוף

שם	משקל	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	הפסד בליבון
שמוט	40.00	32.42	3.32	3.04	0.52	0.43	0.10	0.16	
עיסה גולמית	60.00	43.56	4.46	4.05	0.70	0.57	0.15	0.22	6.08
סה"כ	100.00	75.98	7.78	7.09	1.22	1.00	0.25	0.38	6.08

הכנת גוף החרס:

מיבשים את העיסה אשר נתקבלה כמתואר לעיל בתנור בטמפרטורה של 105° . מפוררים את הגוף היבש במכתש ומעבירים אותו בנפה מס' 35. בדרך זו מתקבלת אבקה מתאימה לתהליך הכבישה כיון שגודל גרגיריה אינו עולה על 50 מיקרון.

רצוני לעמוד על העובדה שיש לערוך את הניפוי בנפה מס' 30 (590 מיקרון) או מס' 35 (500 מיקרון). בדרך זו נמנעים בשעת הכבישה ליקויים הנגרמים ע"י זרמי אויר או אגלומרציה גרועה. זרמי אויר מתהווים בשעה שהאבקה הנלחצת היא דקה מדי. לעומת זאת גורמים גרגירים גדולים מדי לאגלומרציה גרועה וכתוצאה ממנה להתנגדות מכנית ירודה.

ההרטה: מרטיבים את האבקה בעזרת אקדה מרסס. תוספת המים אינה מגיעה אלא כדי 8% מכמות החומר היבש ולכן קשה לפזרה באופן שווה. כדי להבטיח שהחומר יהיה הומוגני שמים אותו במיכל למשך 48 שעות. בדרך זו מתקבלות מרצפות בעלות הרכב ודפנות אחידים.

הכבישה: העיצוב נעשה בתהליך הכבישה. לאחר ההשהיה במיכל, מכילה האבקה כמות רבה של אויר בין החלקיקים. לכן אין לבצע את הכבישה ע"י לחיצה חז"פעמית, אלא בשנים או שלושה שלבים:

תערובת ב': קאולין 39 — 0.20 ק"ג
BWS — 0.30 ק"ג
מים — 0.50 ליטר
כדורים — 2.00 ק"ג

תערובת א' נטחנה תחילה במשך 24 שעות ותערובת ב' משך 6 שעות. סה"כ היו, איפוא, 30 שעות טחינה. לפני הכנסתו לטחנה, פוררנו את המרגל. את מוצר הטחינה יבשנו על לוחות גבס, ואח"כ שרפנו חלק ממנו בתנור חשמלי ב-950°. באופן זה נתקבל יסוד מרזה (שמוט) שיהווה חלק מעיסת המרצפות, אשר תורכב כדלקמן:

שמוט (אשר הוכן כמתואר לעיל) — 40%
עיסה גולמית — 60%

טוחנים את התערובת הנ"ל לאחר שהוסיפו לה מים וכדורים כמשקלה (היינו: תערובת, מים וכדורים ביחס 1 : 1 : 1) במשך 24 שעות. הגוף הסופי המתקבל הוא בעל ההרכב הבא:

הרכב הגוף

שם	משקל	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	הפסד בליבון
שמוט	40.00	32.42	3.32	3.04	0.52	0.43	0.10	0.16	
עיסה גולמית	60.00	43.56	4.46	4.05	0.70	0.57	0.15	0.22	6.08
ס"ה	100.00	75.98	7.78	7.09	1.22	1.00	0.25	0.38	6.08

הכנת גוף החרס:

מייבשים את העיסה אשר נתקבלה כמתואר לעיל בתנור בטמפרטורה של 105°. מפוררים את הגוף היבש במכתש ומעבירים אותו בנפה מס' 35. בדרך זו מתקבלת אבקה מתאימה לתהליך הכבישה כיון שגודל גרגיריה אינו עולה על 50 מיקרון.

רצוני לעמוד על העובדה שיש לערוך את הניפוי בנפה מס' 30 (590 מיקרון) או מס' 35 (500 מיקרון). בדרך זו נמנעים בשעת הכבישה ליקויים הנגרמים ע"י זרמי אויר או אגלומרציה גרועה. זרמי אויר מתהווים בשעה שהאבקה הנלחצת היא דקה מדי. לעומת זאת גורמים גרגירים גדולים מדי לאגלומרציה גרועה וכתוצאה ממנה להתנגדות מכנית ירודה.

ההרטה: מרטיבים את האבקה בעזרת אקדח מרסס. תוספת המים אינה מגיעה אלא כדי 8% מכמות החומר היבש ולכן קשה לפזרה באופן שווה. כדי להבטיח שהחומר יהיה הומוגני שמים אותו במיכל למשך 48 שעות. בדרך זו מתקבלות מרצפות בעלות הרכב ודפנות אחידים.

הכבישה: העיצוב נעשה בתהליך הכבישה. לאחר ההשהיה במיכל, מכילה האבקה כמות רבה של אויר בין החלקיקים. לכן אין לבצע את הכבישה ע"י לחיצה חד-פעמית, אלא בשנים או שלושה שלבים:

(א) מכה ראשונה בלחץ נמוך ובאיטיות.
 (ב) עצירה לזמן מה כדי לאפשר לאויר להשתחרר.
 (ג) מכה בלחץ גבוה כדי לשוות למרצפות את צורתן הסופית.
 השתמשנו למטרה זו במכבש ההידראולי של המעבדה לכימיה תעשיתית.
 בניסוינו כבשנו דגימות בעלות קוטר של 58 מ"מ. הלחץ המכסימלי היה 280 ק"ג.
 לסמ"ר. הלחץ הנמוך היה בן 90 ק"ג לסמ"ר. כל הדגימות נתקבלו ללא כל ליקוי.
 למרות שעובין לא הגיעה אלא כדי 9 מ"מ.

י ב ו ש : לאחר העיצוב יש ליבש את המרצפות המכילות עדיין 8% רטיבות.
 בתנאי התעשייה אפשר ליבשן בתנור מיד, בתנאי שהשריפה וביחוד היבוש הקודם
 לו, ייערכו בוזהירות רבה. בניסוינו במעבדה יבשנו את הדגימות באויר החופשי
 ואח"כ בתנור בטמפרטורה של 105°.

ש ר י פ ה : שרפנו את הדגימות בתנור מופל (muffle). ערכנו ניסויים
 בטמפרטורות שריפה שונות: 950°, 1000°, 1050°, 1100°, 1150°. נוכחנו לדעת
 שההתנגדות המכנית של הגופים היא בינונית עד ל-1050°. מענין לציין שלא חלה
 בגוף כל התכווצות עד לטמפרטורה זו. ההתנגדות המכנית משביעה רצון בטמפרטורה
 של 1100°. אף ב-1150°, אין כל דפורמציה מתגלה במרצפות, אבל בטמפרטורה זו
 ההתכווצות היא ניכרת (4.5%).

הזיגוג ושריפתו :

זגגנו את הדגימות אשר נשרפו ב-1050°. טבלנו אותן בזיגוג עטום ואח"כ
 שרפנו את הגוף המצופה בטמפרטורה של 980°. זיגוג זה אינו מכיל אלמנטים יקרים
 והתאמתו לגוף הקרמי משביעה רצון, שהרי ניסויו של הרקורט (Harcort) ב-200°
 לא גרם להופעת סדקים.

התכונות הפיסיקליות של הגוף :

לפני השריפה :

מעבר בנפה מס' 80 (0.174 מ"מ) ללא שיור.

—	8%	מי הכבישה
—	0.86%	התכווצות בכבישה
		לאחר השריפה ב-1050° :
—	1.22%	התכווצות הגוף היבש בשריפה
—	2.80%	התכווצות העיסה
—	2.35 גר'/סמ"ק	צפיפות אמיתית
—	1.49 גר'/סמ"ק	צפיפות מדומה
—	36.35%	נקבוביות פתוחה
—	0.35%	נקבוביות סגורה
—	צהוב-קרם	גוון הגוף

מסקנות :

הניסוי במעבדה מראה, איפוא, שקימת אפשרות ליצר מרצפות קיר מחומרי
 גלם שהם ב-75% מקומיים. הגוף אשר תואר לעיל מצטין בתחום שריפה ארוך.

מאחר שבשעת השריפה לא נתגלתה כל דפורמציה אף בטמפרטורה גבוהה ב-50° מהטמפרטורה האופטימלית של השריפה לגבי גוף זה. בניסוי התעשיתי רצוי להשתמש במכש בעל בוכנה חשמלית. מימדיו יהיו 154.2×154.2 ויש למלא אותו באבקה עד לגובה של 25 מ"מ.

גוונו של הגוף הנ"ל מאפשר את השימוש בזיגוג עטום למחצה ואף שקוף, במקרה שמעוניינים במרצפות בעלי גוון שנער.

ביקור במחצבה אשר באיזור חיפה

(נספח לדו"ח מס' 2)

כדי לברר את תנאי ההפקה של חומר הגלם ערכתי ביקור על המקום. המחצבה נמצאת סמוך לדרך לשפרעם ושיכת למר טוביה סטנין, הדר ברח' יבנה מס' 10, קרית מוצקין. בידי מר סטנין ישנו רשיון לניצול שני דונם של הקרקע. המחצבה עצמה נמצאת לרגלי גבעה וההפקה נערכת בכיוון מרגלי הגבעה כלפי פנים. רוחב החזית מגיע ל-50 מ'. סלעים הנחצבים הם אבן סידנית ומרגל.

המרגל נמצא בעומק 5-6 מ' בשני מרבצים בעלי שכבות ברורות מתחת לאבן. עובי האחד 60 ס"מ והשני — 1 מטר.

במצבה הנוכחי של המחצבה, ההפקה אינה קלה כיון שיש צורך להסיר תחילה את שכבת האבן המגיעה לעומק 4-5 מ'. כדי להזיל את מחיר ההפקה יש לנקוט בשיטה של ניצול כפול, דהיינו ניצול האבן והמרגל גם יחד.

כדי לדעת מהי כמות החומר הניתן להפקה, רצוי להזמין גיאולוג לחקירה על המקום. יתכן ששכבות המרגל הן יותר קרובות לשטח בשכנותה של הגבעה, המהווה את מקום החציבה הנוכחי.

מחיר טון של החומר הנ"ל הוא 8 ל"י באיזור חיפה. לפי דברי בעליה, סיפקה המחצבה 4000 מ"ק של האבן הסידנית והיא עומדת לספק 2500 טון מרגל לבית-חרושת קרמי.

אינג' א. טאובר

דו"ח מס. 3: ההומטים האלקליים

הקדמה: בתעשייה הקרמית משתמשים בד"כ באלקטרוליטים הבאים: פחמת הנתרן, סיליקט הנתרן, טנין וההומטים האלקליים.

ההומטים האלקליים, המופקים מאדמת קסל, נמנים על האלקטרוליטים החזקים ביותר. בעזרתם ניתן לנזל סוגי חמר, שניזולם בכל האמצעים האחרים כרוך בקשיים רבים. השימוש בהומטים מונע את התוצאות השליליות הנובעות מהוספת עודף אלקטרוליט: את הטיכסטורופיה ואת עלית הצמיגות.

הכנת ההומטים: הכנו את ההומט משתי החומצות ההומיות אשר הופקו במעבדתו של פרופ. הימן. האחת, (להלן תצוין בא') חומצה הומית שהופקה מליגניט והשניה, (להלן תצוין בב') חומצה הומית המתקבלת בשעת זיקוקם של חרצני זיתים.

שיטת ההכנה: מכינים תמיסה של הידרוקסיד הנתרן אשר משקלה הסגולי 1.34 ע"י המסת 430 גר' מימת הנתרן בליטר מים. ממצים ברתיחה תערובת של 20 גר' הידרוקסיד הנתרן הנ"ל, 40 גר' מים ו-3.5 גר' חומצה הומית. נוקטים באותה שיטת הכנה לגבי שתי החומצות ההומיות.

ניסויי ניזול: כדי להשוות את השפעתם של אלקטרוליטים שונים על ניזולו של החמר, השתמשנו בחמר אנגלי (מס. 100 מסוג החרסית). בהקבלה לניסויים בשני ההומטים ערכנו ניסויים באלקטרוליטים אחרים באותם התנאים.

הטבלה הבאה מתארת את הנתונים המספריים:

V	IV	III	II	I	
50 גר'	50 גר'	50 גר'	50 גר'	50 גר'	חמר
18 סמ"ק	18 סמ"ק	18 סמ"ק	18 סמ"ק	18 סמ"ק	מים
				1 סמ"ק	הומט אלקלי א'
			1 סמ"ק		הומט אלקלי ב'
		0.25 גר'			פחמת הנתרן
	0.25 גר'				סיליקט הנתרן
1 סמ"ק					הידרוקסיד הנתרן

מסקנות: בתנאים המתוארים לעיל לא הצלחנו לנזל את החרסית אלא בניסויים 1 ו-2 בהם השתמשנו בהומטים. כל המנוזלים האחרים הביאו את החרסית למצב של עיסה ותו לא. נתברר שההומט א' עולה על ההומט ב'. הנוזל שנתקבל בניסוי 1 הוא בעל התכונות הבאות:

צפיפות: 1.712 גר'/סמ"ק
 % המים: 26.4
 pH: 10.4

יש להדגיש שאם משתמשים בחומרים מרזים אפשר לשפר את התוצאות מבחינת הצפיפות המתקבלת ואחוז המים.

בתכנית של המעבדה בעתיד הקרוב ביותר להכין כמות גדולה יותר של הומטים לשם ניסויים בקנה-מידה תעשיתי.

אינג' א. טאובר

דו"ח מס' 4: החמרים מס' 50 ומס' 53 אשר מקורם במכתש הגדול בנגב

הקדמה:

הדגימות נמסרו לנו לחוות-דעת ע"י מר סקידלסקי ביום הראשון ליוני 1951. צינו אותם במספרים 50, 52, 53.

ב-7 ליוני ערכנו בקור במקום המחצבים ונוכחנו לדעת שלפי שעה בא בחשבון לשימוש מעשי בתעשייה רק החמר מס. 53. מחצב זה כבר מגולה לאורך 1500 מטר. עובי השכבה הוא מסדר הגודל של 1.5 מ' והיא מונחת בזווית של 38° ביחס לשטח. הקדיחות הבאות העומדות להתחיל בחודש יולי תאפשרנה לקבוע

את חשיבותו של המחצב, את אחידות החומר ואת האפשרויות לניצול מעשי באמצעים מיכניים מותאמים לגודל הביקוש.

אשר לחומר מס. 50 — טרם נתגלה שטח ניכר של המחצב.

נוסף על כך התברר שבמקומות בהם הופק, מצוי החמר בצורת תערובת הטרוגנית של חמר מסוג אחד המכיל כמויות ניכרות של חומרים אורגניים, בעיקר, ליגניט וחמר מסוג שני אשר אינו מכיל חומרים אורגניים בכמות ניכרת. אשר לחמר מס. 52 — הרי לפי שעה אין אנו מכירים במידה מספקת את מקור המחצב. אי' לזאת מכיל חמר זה כמות רבה של מלח בישול ולפיכך אינו בא בחשבון לצורכי הקרמיקה העדינה.

הננו לחזור, איפוא, ולדון בחמר מס. 53, הבא בחשבון לשימוש תעשייתי מידי. למטרה זו יש להתקשר עם סניף באר-שבע של „אבן-וסיד“ של „סולל בונה“. הזמנות ראשונות כבר נתקבלו מבית חרושת „נעמן“ ל-300 טון, מבית חרושת „חרסה“ ומבית חרושת „לפיד“.

המחקר המעבדתי :

החקירות במעבדה בוצעו בחמרים מס. 53 ומס. 50.

(א) צורתן החיצונית של הדגימות.

מקור המחצב	מס' הדגימה	גוון	מבנה	תערובות מזיקות בשימוש
המכתש הגדול	53	אפור-לבן	צפוף „שמן“ למחצה	אינן נראות לעין
המכתש הגדול	50	אפור-כהה	צפוף „שמן“	תערובות של חומרים אורגניים (ליגניט) ושל תחמוצת הברזל צהובה

(ב) הפלסטיות.

בדיקת הפלסטיות נערכה לפי שיטת אטנברג. לפי שיטה זו קובעים את ההבדלים באחוז המים אשר מכיל הבצק כשהוא נמצא בגבול הויסקוזיות, כלומר על סף המעבר מנוזל צמיג לגוף פלסטי, וכאשר הדגימות אינן ניתנות יותר למשיכה. הבדל זה הוא יותר גדול ככל שהחמר יותר פלסטי. תאור מלא של שיטת הקביעה של אינדקס אטנברג יפורסם בקרוב בילקוט האיגוד.

אינדקס הפלסטיות של החמר מס. 53 הוא 11 ואילו זה של החמר מס. 50 מגיע ל-25.

(ג) ההתכווצות ביבוש ובשריפה.

כדי לקבוע את ההתכווצות ביבוש ובשריפה עיצבנו דגימות של החמר מס. 50 ומס. 53. כדי להכין בצק נורמלי (בצק אשר אינו דביק בשעת מגע). יש להוסיף לחמר מס. 50 26.5% מים ולחמר מס. 53 23% מים. קבלנו את התוצאות הבאות :

הערות	ההתכווצות ב-%				החמר
	1200°	1100°	1000°	105°	
לא נתגלתה כל דפורמציה. הגוון ב-1200° לבן-קרם.	13.5	8.5	7.0	5.8	מס' 53
לא נתגלתה כל דפורמציה. הגוון ב-1200° צהוב-בהיר.	15.0	9.0	7.5	5.0	מס' 50

ד) הנקבוביות.

החמר	מס' הדגימה	משקל הדגימה	משקל הרוויה מים	% הנקבוביות	טמפר' השריפה
53	5	40.792	50.153	22.8	1000°
	3	41.721	50.243	20.4	1100°
	2	41.689	46.006	9.4	1200°
50	5	41.300	50.617	22.7	1000°
	3	43.267	50.180	16	1100°
	2	41.895	43.506	3.8	1200°

הנקבוביות נקבעת לאחר הרתחה במים במשך 4 שעות והשהיה נוספת של 24 שעות. ניסוי זה מראה שהחמר מס. 53 מיטיב לעמוד בפני טמפרטורות גבוהות מאשר החמר מס. 50. מאחר ש-1200° היתה הטמפרטורה הגבוהה ביותר בה שרפנו את החומר, לא יכולנו לקבוע את נקודת ההיתוך שלו, אולם אפשרי להניח שהחמר מס. 50 מתקרב ב-1200° לנקודת הסינטור.

ה) קביעת ההתנגדות המכנית.

לקראת ניסוי זה הכנו למאזני מיכאליס דגימות מבצק נורמלי. לאחר היבוש באויר החופשי ובתנור ב-105° ערכנו את הניסוי וקבלנו את התוצאות הבאות:

מס' 53	3.40 ק"ג/סמ"ר
מס' 50	4.55 ק"ג/סמ"ר

ו) ניסוי יציקה.

ערכנו ניסוי זה רק בחמר מס. 53. מטרתנו היתה לקבוע איזהו האלקטרוליט המתאים ביותר במקרה זה. התוצאה הטובה ביותר הושגה בשימוש בהומט. תערובת פחמת הנתרן וסיליקט הנתרן היתה השנייה במעלה. ערכנו ניסויים אלה בחמר מס. 53 במצב הגולמי ולאחר שטיפה ונפרסם את התוצאות בהזדמנות אחרת. אולם מענין לציין שכבר כיום נערך ניסוי תעשיתי מענין במפעל המיצר מוצרים סניטריים. במפעל זה החליפו 50% מהחרסית (ball clay) בחמר מס. 53 והיציקה הצליחה להפליא.

(ז) ש ט י פ ה ו נ י פ ו י .

כידוע מכילים חמרי הנגב מלחים מסיסים. לפיכך שטפנו את החמר מס. 53 ואח"כ העברנו בנפות השונות. תוצאות הניפוי היו כדלקמן:

מס' הנפה	% השיור	אופי השיור
40	0.822	גרגירי קורץ וסיד
60	0.756	גרגירי קורץ שהכילו תחמוצת הברזל
80	2.679	קורץ
120	8.248	קורץ

סה"כ הגיע, איפוא, השיור היבש בנפה 120 לכלל 12.505%. שיור זה מורכב בחלקו הארי מקורץ. מכאן שאפשר לשפר את הפלסטיות של החמר מס. 53 ע"י סוספנסיה במים וניפוי. זוהי פעולה פשוטה הניתנת בקלות לביצוע בבתי החרושת. הרחקת הקורץ מעלה, איפוא, את אחוז האלומינה ומשפרת את יציקתו של החמר.

(ח) א נ ל י ז ה כ י מ י ת .

לאור האנליזה הכימית של החמר מס. 53 ומס. 50 מתבלטות שתי עובדות חשובות: (א) החמר מכיל אחוז גבוה ביותר של אלומינה. (ב) המלחים המסיסים אינם מכילים יאון כלור.

נוכחותו של היאון סולפט, אף כי בכמות קטנה, היא גורם שלילי, אבל בשיטת היציקה אפשר להתגבר עליו ע"י הוספת פחמת מבריון.

ההרכב הרציונלי של שני החמרים הללו הוא כדלקמן:

מס' 53 :

חמר טהור	84.90
סיליקה חופשית	12.50
תחמוצת הברזל	2.10
יאון סולפט	0.20
	<u>99.70</u>

מס' 50 :

חמר טהור	88.34
סיליקה חופשית	8.10
סיד	0.89
תחמוצת הברזל	2.70
יאון סולפט	0.25
	<u>100.28</u>

רצוננו להוסיף הערות מספר בנוגע לחמר מס. 53. ההרכב הכמותי של יסוד החמר אשר בו מתאים לנוסחה הסטיאוכימטרית $1.91 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1.58 \text{ H}_2\text{O}$ לעומת $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1.78 \text{ H}_2\text{O}$ בחמר מס. 50. מכאן ששני החמרים שיכים לקבוצת הקאולינים כיון שהם קרובים בהרכבם לנוסחה התיאורית $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ אולם מכילים עודף אלומינה.

נוכחות גרגירים גדולים של סיליקה חופשית בחמר מס. 53, הניתנים להרחקה בנפה מס. 120, היא גורם חיובי מבחינת העמידה בפני חום. בחמר מס. 50 מצויה הסיליקה בצורת אבקה דקה יותר ולכן היא מגיבה בטמפרטורה נמוכה יותר. הנחה זו מוצאת את אישורה בנקבוביות הנמוכה אשר גלה החמר מס. 50 ב- 1200° . קרוב לודאי שהירידה בנקבוביות מקורה בהתהוות הפזה הזכוכיתית בכמות יותר גדולה.

(ט) סיכום ומסקנות.

מס' 50	מס' 53	התכונה
אפור-כהה	אפור-לבן	גוון החמר הגולמי
—	12.505	% השיור בנפה 120
קורץ-ליגניט	קורץ-סיד	אופי השיור
25	11	הפלסטיות (אטנברג)
26.5	23	% המים בבצק הנורמלי
5	5.8	התכווצות קוית 105°
7.5	7	התכווצות כללית ב- 1000° (ב-%)
9	8.5	" ב- 1100° " "
15	13.5	" ב- 1200° " "
22.7—16—3.8	22.8—20.4—9.4	נקבוביות 1000° — 1100° — 1200°
צהוב	לבן-קדם	גוון לאחר השריפה ב- 1100°
קדם	לבן	ב- 1200° " " "
4.55 ק"ג/סמ"ר	3.4 ק"ג/סמ"ר	התנגדות מכנית
49.8	52.3	אנליזה כימית : SiO_2
35.5	35.3	Al_2O_3
2.7	2.1	Fe_2O_3
0.5	—	CaO
11.53	9.8	הפסד בשריפה
0.25	0.2	SO_4
—	—	Cl
88.34	84.9	חמר אנליזה רציונלית :
8.1	12.5	סיליקה חופשית
2.7	2.1	Fe_2O_3
0.89	—	סיד
0.25	0.2	סולפט

שני החמרים הם בסיסיים. טיטרציה לאחר השריפה נותנת 39.3% אלומינה בחמר מס. 53 ו-40% בחמר מס. 50.

החמר מס' 53 הוא חומר גלם משובח לייצור מוצרים חסוני אש וכלי חרס המכילים סיד ופצלת השדה. עקב הפלסטיות הגבוהה שלו, התנגדותו המכנית הגדולה במצב הגולמי ונקודת הסינטור בערך ב- 1200° — 1250° , יש קרבה בין החמר מס. 50 לבין החרסיות (Ball clays).

התוצאות המעשיות הראשונות אשר נתקבלו ב"נעמן" בשימוש בחמר מס. 53 לייצור לבני אש וכן בניסויי היציקה במוצרים סניטריים הן מענינות ומעודדות ביותר.

אשר לחמר מס. 50 — הרי באם יצליחו להפיקו בכמויות מספיקות, יוכל לשמש לייצור חרסים וויטריוס.

יש להדגיש את הצורך בהכנה רציונלית של שני התמרים במקרה וישתמשו בהם לצרכיה של הקרמיקה העדינה. כוונתנו להכנה בשלושה שלבים: הוספת מימ, ניפוי וטיהור בעזרת אלקטרומגנטים.

החמרים הללו, וביחוד החמר מס. 53, אשר בניצולו התעשיתי כבר הוחל, יכולים לגרום לצמצום ניכר ביבוא חומרי גלם לתעשייה הקרמית.

אינג' א. טאובר

ב ת ע ש י ה ה ק ר מ י ת

פקירה על תעשית הלבנים באיטליה

— רשמי מסע —

מאת אינג' . י. וינקלס ברג, חברת "נעמן".

מטרת נסיעתי היתה עיון בתהליך חדש לייצור בלוקים גדולים חלולים. התהליך מבוסס על השיטה היבשה בעזרת מכבש הידרואלי לפי ההמצאה והפטנט של הפירמה "פטרא-קרמיקה" (מהנדס לוקטאלי) באיטליה. מערכת המכונות הדרושה היא: מכבש הידרואלי כבד עם אקומולטור, מוביל חומרים, דיסאינגרטור, מיכל וסידור לקיצוב החומרים עם המנועים החשמליים הדרושים.

תהליך הייצור: החומר היבש נטחן דק ומועבר למיכל. במערבל הבינים מרטיבים את החומר במידה הדרושה ומעבירים אותו לדפוסים. המכבש מייצר בבת אחת 2 בלוקים חלולים של $250/250/500$ מ"מ. בכל בלוק 8 חללים בעלי קוטר של כ-10.5 ס"מ. ליצירת החללים מכניסים במסגרת מתכת 8 "שרוולי" גומי לתוך הדפוסים. לשרוולים אלה מתאימים 8 בוכנות גומי הקשורות במשאבה הידרואלית ע"י צנורות פלדה. המכבש ההידרואלי פועל כך שהוא מרים את תחתית הדפוסים ובו בזמן מוריד בוכנה עד לנקודה מסוימת בה מתחילה פעולת בוכנות הגומי הנמתכות ע"י הלחץ ההידרואלי ומעבירות אותו אל שרוולי הגומי. הלחץ מגיע ל-100 עד 150 אטמוספרות. ע"י סידור מיוחד משחררים את הדפוסים ומסובבים אותם ב-120 מעלות. הבלוקים המוכנים נטענים על קרונות ומועברים לתנור. הבלוקים האלה הם בעלי מידות מדויקות, שפתייהם חדות והם חזקים עד כדי כך שאפשר לעמוד על בלוק בלתי שרוף מבלי לגרום לו נזק. כל התהליך של מילוי התבניות, הכבישה, שחרור הבלוקים וטעינתם אורך כ-50 שניות. אפשר איפוא לייצר לשעה 120 בלוקים או 15 מ"ר קיר בעובי של 2 ס"מ. ע"י הכנסת מחיצות מתאימות לתוך הדפוסים, אפשר לייצר חלקי בלוקים גם לאורך וגם לרוחב. משקל הבלוקים מחמר "נעמן" יהיה כ-23 ק"ג, מחמר הנגב כ-21 ק"ג.

לביצוע התהליך הנ"ל דרושים:

- 2 עובדים להגשת החמר
- 2 עובדים לעבודה במכתש (כולל טעינה של עגלות, ביקורת התערובת וכו')
- 1 עובד על יד המכבש ההידרואלי
- 1 להעברה לתנור

ס"ה דרושים 6 עובדים במשך 8 שעות להכנת 900 בלוקים. ל-100 בלוקים, אפוא, $5\frac{1}{3}$ שעות עבודה. 900 בלוקים מהווים כ-112 מ"ר קיר בעובי 25 ס"מ ולפי החישוב במידות הסטנדרטיות שלנו $122/112$ — כ-12,500 זתיכות.

את הבלוקים מהחמר של בית החרושת ברומא מייצרים ב-10%—8 רטיבות, לחמר שלנו דרושים לא פחות מ-10% רטיבות (מחושבים מהמשקל היבש של החמר), וטחינה דקה מאד.

שריפת הבלוקים: המתקן הנסיוני עומד בבית חרושת ללבנים גדול וחדיש ברומא. שם נעשו כל הניסויים ומשם שווקה גם התוצרת הראשונה. השריפה בוצעה בתנור הופמן בעל 20 תאים בעזרת ליגניט. ברומא נוהגים לשרוף את החמר בטמפרטורה של 850° בקרוב. החמר שלהם הוא דק מאד ומכיל הרבה סיד. בשני המפעלים הגדולים ביותר משתמשים בחמר שהופק בחפירה עמוקה.

הבלוקים שלנו, אשר נוסו בתנור הופמן ברומא, תובעים טמפרטורה הרבה יותר גבוהה (מינימום 950 מעלות). ראיתי רק דגימה אחת שהוכנה מחמר הנגב. הבלוק היה בעל צורה נאה, אך צלילו אינו טוב בגלל הטמפרטורה הנמוכה של השריפה. חוזק הבלוקים מהחמר הרומאי הוא כ-200 ק"ג לסמ"ר, היינו כ-120 ק"ג לסמ"ר בלי ניכוי החללים. בשריפה ב- 850° יהיה לבלוק שלנו כנראה חצי החוזק. הבטיחו לשלוח לנו לבדיקה 5 בלוקים נוספים מחמר נעמן ו-5 מחמר הנגב ואם יהיה צורך נשרוף אותם שנית.

בתערוכת בניה ברומא הוצג בית מבלוקים אלה. הוצאות בניתו הן ב-25% יותר נמוכות מאשר אילו נבנה מלבנים שרופות וזלות.

למ"ר קיר בעל עובי של 25 ס"מ דרושים רק 8 בלוקים ו-15 ליטר מלט. הבלוקים כל כך שווים וחלקים עד שמוסיפים מבפנים שכבה של 3—2 מ"מ טיח בלבד, ובחוץ — או שאין טחים כלל או שמכסים בשכבת טיח של 4—3 מ"מ. בנאי אחד עם עוזר בונים כ-32 מ"ר קיר ב-8 שעות. (מכאן: רבע שעת עבודה של בנאי ושל עוזר לי"מ"ר).

תהליך השריפה: יש לקלות את הבלוקים הכבולים היבשים קליה מוקדמת ואח"כ אפשר לשרוף אותם במהירות. הנני מדגיש זאת כי אין זה חסכוני להאריך את תהליך השריפה. דנתי בבעיית שריפת הבלוקים האלה יחד עם הפירמה בירר Bühner בקרויצלינגן. ביראר בנה עבור כמה מפעלים שווייצריים וייצור לבנים תנור חדש "ציק-צאק" בעל תעלה לקליה מוקדמת (Schmauch) המאפשר לשרוף את כל התאים ב-4 ימים. כל החום מהלבנים השרופים משמש לקליה המוקדמת (עד ל-150 מעלות). תאי התנור הזה הם רק 1.65 מ' אורך ו-2.5 מ' גובה ואפשר להכניס כ-20 מ"ק חומר. מחיר התנור הזה זול באופן ניכר בהשוואה לתנור הופמן והוצאות הפעלתו עולות לחצי ההוצאות הכרוכות בתנור מנהרה בעל אותה התפוקה. התנור עובד בריקנות גדולה (מינימום 20 מ"מ עמוד מים). מידות הבלוקים מאד חסכוניות. אילו שנינו את המידות האלו למידות הנהוגות אצלנו (20/20/40 ס"מ או 22/22/44 ס"מ). היתה תפוקת המכש יורדת, כי תפוקת המכש תלויה במהירותו.

השימוש בבלוקים הגדולים האלה (8 חת' למ"ר קיר) היה גורם להגדלת עובי הקירות, דבר שיש בו משום יתרון רב מבחינת שיפור צורתה של הבניה בארצנו. כמובן שלגבי שינוי כזה יהיה צורך בהסכמה מצד ועדת התקן.

בקרתי לעתים קרובות בשני המפעלים הגדולים ביותר. שניהם מייצרים שפע צורות של לבנים חלולות: לקירות, תקרות, מחיצות ולוחות גדולים, וגם לבנים מלאות 12/25 בעובי של 5—4.5 ס"מ. בשני המפעלים משתמשים במכונות החדישות ביותר: הובלה ע"י קרונות ושרשראות, מכונות קיצוב, גלילים לטחינה גסה, מערבלים אינטנסיביים בעלי שני צירים, גלילים לטחינה דקה, כבישה בריקנות, חיתוך אוטומטי, ועוד. היות והחמר דק מאוד, אין משתמשים בקולרגנג. מערבלי גדול, מכבש ואקום בעל תא גדול בו שוררת ריקנות ומשאבת ואקום חזקה הם חיוניים להכנת החמר. כל הפיות הנם ממתכת ומיוצרים בבתי חרושת. מיד עם הכניסה למפעלים בולט הנקיון המופתי, אין פסולת, אין לכלוך. כל המכונות, המכשירים והפיות נקיים, המסגרות מסודרות יפה, המוצרים המוכנים ערוכים וכמעט שאין רואים לבנים שבורות או ערמות של שברי-לבנים. בשני המפעלים הגדולים האלה השבר המכסימלי בייבוש ובשריפה גם יחד אינו מגיע אפילו ל-4%! מיכון הייבוש אינו לפי שטח קלר. שתי קרוניות הטענה עומדות ע"י המכבש. הסחורה נערכת על מסגרות עץ, בדומה למפעלים האמריקאיים. בבית חרושת מולינרי נמצא מכון מיוחד לייבוש מלאכותי.

קרמיקה עדינה לבניה באיטליה:

ענף חשוב של התעשייה הקרמית הוא ייצור לוחות קטנות למוזאיקה 2/2 ס"מ לציפוי קירות ורצפות, כגון: רוב הרצפות בפרוזדורים וחדרי האמבטיה, וכן ציפוי הקירות והתקרות. הייצור פשוט מאוד ולא ידרוש אצלנו אלא השקעות קטנות בלבד. כחומר גלמי באיטליה משמשת החרסית (בול קליי אנגלי). החומר נטחן דק ונכבש במכבש הידרואלי לתוך תבנית 30/30 ס"מ המחולקת ע"י פסי פלזי בעובי של $\frac{1}{2}$ מ"מ בקרוב ל-15/15 מרובעים. הלוחיות הכבושות נדחפות ע"י סרגל-מתכת לקפסולות (20 שכבות של 30/30 ס"מ = 4500 חת'). מפזרים עליהם אבקת קורץ דקה ומעבירים ישר לתנור חרסינה בעל שתי קומות. השריפה נעשית עד לסינטור. בתנור נמצא פירומטר רושם. אחרי גמר השריפה עורכים את תוכן הקפסולות בערמות בתוך חדר גדול ובהיר. לפני הערמות עומדים שולחנות ארוכים שעל ידם יושבות פועלות ולפניהן קופסת דבק ומברשת. פיסות גיר בגודל 30/30 ס"מ וערמת לוחיות. הלוחיות נערכות שוב בתוך תבניות מדויקות של 30/30 ס"מ, בצדן החלק מורחים אותן בדבק ומדביקים עליהן פיסת גיר. לאחר שהדביקו על הגיר 225 הלוחיות מעבירים אותן מיד לאצטבאות או שעורכים אותן בערימות מסודרות בגובה של 2 מ'. במצב זה מספקים את הלוחות האלה של 30/30 ס"מ — כוללים 225 לוחיות כ"א — למקום הבניה.

שימושן של הלוחיות ברצפה, קיר או תקרה נעשה כדלקמן: על טיח — מלט מחוספס טחים מלט לבן ועליו לוחצים את הלוחות — הגיר למעלה — וכך מדביקים אותן. אחרי 3—4 ימים מורידים את הגיר ברחיצה ואם יש תפריט של $\frac{1}{2}$ מ"מ, סותמים אותם במלט לבן ורוחצים והציפוי מוכן. תפוקת 2 עובדים — 30 מ"ר ליום.

„חרסה“ על סף הרחבה

מאת א. וישינסקי

בית חרושת „חרסה“

אם אומנות הקרמיקה היא אחת האמנויות העתיקות של תרבות האדם, הרי הקרמיקה הסניטרית או הטכנית היא הצעירה באמנויות הקרמיקה. ענף זה של הקרמיקה התפתח במימדי ענק כאלה שאין למצוא דוגמתם בשום ענף קרמי אחר. הסיבה להתפתחות המהירה הזאת נעוצה בעובדה שבניגוד לקרמיקה הכללית מיצרת הקרמיקה הסניטרית על פי רוב מוצרים בעלי גוון אחד — בעיקר לבן — המיוצרים ברוב הארצות לפי מתכונת אחידה ובישיטה אחידה. מתוך כך נתאפשר הייצור ההמוני של מוצרים אלה.

„חרסה“ נוסדה בתקופת מלחמת העולם השניה ובאותו זמן ראו במוצרים הסניטריים הראשונים שהוציאה לשוק „מעשה בראשית“. אולם כיום אחר הכנסת שיפורים במפעל והגברת התפוקה, יכולה „חרסה“ לזקוף לזכותה הישגים רבים מבחינת הטיב והכמות גם יחד. ויצוין במיוחד אחד ההישגים שהוא שריפה אחת של הגוף הקרמי עם הזיגוג במקום שתי השריפות שהיו נהוגות עד נה. ברם, ההתקדמות הרבה שחלה בארץ באספקת מים לישובים רחוקים ובטיפול בצד ההיגיאני של הדיור וכן העליה ההמונית אשר החלה עם הקמת המדינה, עוררו את הצורך בהרחבת ייצורם של מוצרים אלה.

„חרסה“ היא אחד המפעלים הצעירים בארץ ו„מחלות ילדות“ טבועות באופיו של כל מפעל קרמי, אולם „חרסה“ הצליחה להתגבר עליהן. יסוד המפעל החדש בבאר-שבע הוא אות ש„חרסה“ הגיעה לשלב ההתבגרות וישנם כל הנתונים להניח שהמפעל החדש לא יפגר באיכות התוצרת אחר מפעלים דומים בחוץ-לארץ. הקמת המפעל בבירת הנגב מראה על יוזמה נועזת. יש לראותה כמשימה כלכלית לאומית חשובה ולקוות שמפעלים רבים אחרים ילכו בדרכי „חרסה“. יתכן שהמפעל יתקל בתחילה בקשיים בגלל הצורך לאמן פועלים שאין להם כל מושג בעבודה זו, אולם יש לקוות שכושר ההסתגלות אשר עמד לפועלים במפעל הקיים ישמש דוגמא לפועלים במפעל הנגב.

התוצרת העיקרית שעומדים ליצר ב„חרסה“ בבאר-שבע היא קרמיקה סניטרית לכל סוגיה ומרצפות קיר לבנות וצבעוניות. לפי התכנית אפשר יהיה לייצר 100,000 גופים סנטריים לשנה כגון אסלות, קערות רחצה וקערות מטבח. נוסף על מוצרי עזר סנטריים כגון: קערות רחצה קטנות, סבונים, ארגזי שטיפה וכו'. כמובן ייצרו במפעל 7—8 מיליון מרצפות קיר לשנה.

אשר לסיכוייה של התעשייה הקרמית בארץ — אין ספק שעתידה בטוח. ביחוד אם המדינה תשכיל לעודד את התעשייה הצעירה הזאת ולתמוך בה. ההתחלה נעשתה ביסוד „האיגוד למחקר קרמי“ בעזרת המועצה המדעית אשר עלייד משרד ראש הממשלה ואין ספק שהתעשייה הקרמית תפיק תועלת רבה מן האיגוד.

מי שמכיר את התפתחות התעשייה הקרמית מאירופה יודע, כי תעשייה זו לא היתה מגיעה לאותו היקף בייצור אליו הגיעה, אלמלא העזרה אשר הגישו לה הממשלות בשטח המחקר, החינוך המקצועי וההקלות בהשגת חמרים ובשיוק התוצרת.

6. כדי להעריך את החסכון במטבע זה ו/או את ההכנסה במטבע זר עם הגדלת התפוקה, עלינו לחשב מה היו המוצרים עולים אילו הובאו מחו"ל * (כולל מחיר בחו"ל, בטוח ודמי-הובלה) ואילו חומרי חוץ משמשים בהכנתם.

א6. ערך התפוקה המקומית.

1952	1951	1950
274,500	178,850	87,000 . . . אינסטלציה סניטרית
280,400	87,000	— . . . מרצפות קיר
150,000	90,000	60,000 . . . לבני אש
100,000	77,000	39,000 . . . אינסטלציה חשמלית
70,000	42,000	25,000 . . . כלי בית
874,900	474,850	211,000

ב6. יבוא חומרי גלם לייצור התפוקה המתוארת לעיל.

39,600	25,200	13,200 . . . אינסטלציה סניטרית
32,000	10,000	— . . . מרצפות קיר
62,500	37,000	25,000 . . . לבני אש
6,420	5,110	3,625 . . . אינסטלציה חשמלית
6,000	3,600	2,100 . . . כלי בית
146,520	80,910	43,925

ג6. חסכון במטבע זר (א6 פחות ב6).

234,900	153,650	73,800 . . . אינסטלציה סניטרית
248,400	77,000	— . . . מרצפות קיר
87,500	53,000	35,000 . . . לבני אש
93,580	71,890	35,575 . . . אינסטלציה חשמלית
64,000	38,400	22,900 . . . כלי בית
728,380	393,940	167,075 . . . חסכון כללי

ד6. קרמיקה אמנותית.

נוסף על לחסכון ביבוא המחושב לעיל, יש להביא בחשבון את ההכנסה הנקיה. מיצואם של מוצרי הקרמיקה האמנותית.

1952	1951	1950
64,000	23,000	1,000 . . . התכניות ליצוא בל"י
2,500	1,000	0 . . . יבוא חמרי גלם לייצור הנ"ל
61,500	22,000	1,000 . . . הכנסה נקיה במטבע זר

ה6. החסכון הכללי הנקי וההכנסה הכללית הנקיה במטבע זר (ד6 + ג6).

1952	1951	1950
790,000	416,000	168,000

* אנו מעריכים את התפוקה המקומית לפי שוויה במטבע זר (כולל מחיר בחו"ל בטוח ודמי הובלה), בתוספת 35% דמי מכס ועוד כ-15%—10 הוצאות שונות.

7. תכניות ההרחבה המתוארת לעיל לא תספקנה למלא את דרישות השוק המקומי, חוץ מאשר במוצרי האינסטלציה החשמלית, החל משנת 1952. מכאן שההשקעות המוצעות אינן מופרזות כלל וכלל. כמובן שיהיה צורך בכמויות ההולכות וגדלות של חומרי בנין * רק כל זמן שקצב הבניה ילך ויגבר משנה לשנה. אולם גם אם נניח שהעליה בקנה מדה גדול תפסק בזמן מן הזמנים, הרי גם אז קרוב לודאי שנצטרך למלא אחר הפיגור הגדול בהקמת שכונות קבע ובו בזמן להפחית את צפיפות המגורים הנוכחית. כן יהיה צורך לתקן ולהחליף את הצריפונים ויתר יחידות הדירור הארעיות הנבנות בשנים של עליה גדולה.

הטבלא הבאה מוסרת את אחוז הביקוש אשר מספק הייצור המקומי.

1952	1951	1950					
59	36	18	.	.	.	אינסטלציה סניטרית	
87	27	0	.	.	.	מרצפות קיר	
82	30	30	.	.	.	לבני אש	
100	78	39	.	.	.	אינסטלציה חשמלית	
30	18	10	.	.	.	כלי בית **	
40	37	30	.	.	.	לבנים שרופות	

החומר הנ"ל מבוסס על נתונים שעובדו בידי ד"ר ק. כהן, המדור לחקר התעשיה, משרד מסחר ותעשיה.

התעשיה הקרמית בישראל

מר פ. פרידמן הסב את תשומת לבנו לשתי טעויות אשר נפלו במאמרו של פרופ' ה. היימן על "התעשיה הקרמית בישראל" (ראה "ילקוט האיגוד למחקר קרמי", גליון 1), ואלו הן:

1. לא הוזכר בית-החרושת ללבנים של משפחת שטינברג ממוצא אשר הוקם באוקטובר 1923 והוא אפוא, המפעל הקרמי המודרני הראשון בישראל.
2. תאריך הקמתו של בית-החרושת "לפיד" בתל-אביב הוא 1943 ולא 1946 כפי שצוין במאמר.

* הביקוש לחמרי בנין מבוסס על ההנחה ש-50,000 יחידות דירור נבנות לשנה.
 ** מבוסס על הצורך המינימלי של ספל אחד וצלחת אחת גדולה לנפש.

ב ס פ ר ו ת ה מ ק צ ו ע י ת

זיהוי חמרים באמצעות השיטה התרמית הדיפרנציאלית*

מאת : CHARLES LAMY ו GERARD HIRNE

מהמכון הקרמי הצרפתי.

הקדמה :

האנליזה התרמית מבוססת על חקירת החום שהחומר משחרר או בולע בשעה שמתהווים בו שינויים פסיקליים או כימיים בתהליך השריפה. קריאת הטמפרטורות בהן מתרחשות הריאקציות התרמיות הללו מאפשרת לקבוע את זהותו של החומר. בתנאים מסוימים של עליית הטמפרטורה, מתבטאות ריאקציות אלו בירידה או בעליה של הטמפרטורה של החומר, בהשוואה לגוף ניטרלי בעל קיבול תרמי דומה. מודדים הפרש זה בטמפרטורה בעזרת תא תרמואלקטרי דיפרנציאלי, אשר הלחמתו האחת נמצאת במגע עם החומר והשניה עם הגוף הניטרלי. תא תרמו-אלקטרי שני מודד אותה שעה את הטמפרטורה של הדגימות.

שיטת זיהוי זו, המאפשרת לקבוע במהירות את טיבם המינרלוגי של מחצבי חמר שונים, שמשה נושא לפרסומים מדעיים רבים. למרות זאת ישנם הבדלים ניכרים בין התוצאות שמביאים החוקרים השונים. מקורם במכשירים השונים ובשיטות השונות אשר בעזרתם הושגו התוצאות. כן אין התאמה בין הטמפרטורות של הריאקציות, כפי שהן מתוארות בעקומות של האנליזה התרמית הדיפרנציאלית, ובין הטמפרטורות הממשיות בהן משתרר שווי המשקל. הן בד"כ גבוהות מהטמפרטורות האמיתיות של התהליכים הנחקרים.

בחקירתנו חפשנו, איפוא, שיטה של אנליזה תרמית דיפרנציאלית ומכשירים, אשר יאפשרו לבטל את ההבדלים המתוארים לעיל, ויתנו תוצאות אשר תודחינה עם אילו של הדילטומטריה והתרמוגרבימטריה בחומרים הגולמיים.

סיכום העבודות הקודמות בשטח זה.

עוד בשנת 1887 הרגיש לה-שטליה (1) באנומליה התרמית אשר מגלים מינרלים המכילים מי תרכובת. תכונה זו אופינית במיוחד למחצבי חמר. מחקר ראשון זה לא נערך בעזרת תא דיפרנציאלי, אלא בעזרת תא תרמואלקטרי אשר הונח בתוך החומר הנבדק. השנויים במהירות החימום של הגוף נמדדו בהשוואה למהירות החימום של התנור. שיטה זו, שיטת האנליזה התרמית הישירה, היתה בעצם מהותה בלתי מדויקת, כיון שהריאקציות התרמיות נקבעו ע"י מספר קטן אשר נתקבל כהפרשם של שני מספרים גדולים (טמפרטורת התנור, טמפרטורת הדגימה). הראשון אשר השתמש בגוף ניטרלי להשוואה היה סאטו. הוא השתמש בקורק, אבל חומר זה נתגלה כבלתי מתאים למטרה, כיון שגם בו חלות טרנספורמציות

* הרינו מביאים בזה סיכום מאמר מתוך „ילקוט האיגוד הקרמי הצרפתי“ (Bulletin de la Société Française de Ceramique) מס' 10 (ינואר — מרץ 1951).

בשעת החימום. הולדסורט וקוב (5) השתמשו בקאולין שרוף כגוף ניטרלי להשוואה ובאופן זה הניחו את היסודות לאנליזה התרמית הדיפרנציאלית כפי שהיא מקובלת כיום. מכאן ואילך היה עיקר מעינם של החוקרים בשיפור המכשירים ודרכי הביצוע המעשי למען השג תוצאות מדויקות יותר (ראה ביבליאוגרפיה).

מכשיר המדידה והרישום אשר שימש במדידותינו

כיון שהבדלי הטמפרטורות בין הדגימה הנבדקת והגוף הניטרלי הם מסדר הגודל של מעלות בודדות, או לכל היותר כמה עשרות מעלות, אין למדדם אלא במכשיר רגיש ביותר. מכשיר זה צריך להצטיין גם באינרציה נמוכה בגלל מהירותן של הריאקציות הנמדדות. הגלונומטר, הממלא את הדרישות האלו, שימש לעתים קרובות למטרה זו, והודות לרישום הפוטוגרפי, רעיונו של לה-שטליה, אפשר לעקוב אחר התהליך ברציפות.

חוקרים אחדים השתמשו במכשירים פוטאנציומטריים, אבל בהשוואה לגלונומטרים, הריהם פחות רגישים ובעלי אינרציה ניכרת. גם הפוטנציומטרים האלקטרוניים, שהם בעלי אינרציה נמוכה ביותר, אינם מגיעים לדרגת הרגישות של הגלונומטרים.

לאור שיקולים אלה בחרנו בגלונומטר הכפול בעל הרושם הפוטוגרפי של Le Chatelier — Saladin אשר נבנה על ידי האגודה התעשיתית לבניית מכשירים מדויקים. הגלונומטר הדיפרנציאלי שלו מצטיין ברגישות גדולה ביותר ומאפשר להעריך $2 \times 10^{-4} \text{mv}$, דהיינו בערך שתי מאיות של מעלה.

המכשיר מורכב מגלונומטר דיפרנציאלי אשר על מראתו מוחזרת קרן אור המופנה אל מראתו של הגלונומטר שני בעל רגישות נמוכה יותר. הגלונומטר הזה קשור אל תא תרמואלאקטרי המודד את הטמפרטורה של הדגימות. בין שתי המראות עוברות הקרנים מבעד לפריסמה של ליסאג'ו ההופכת את התזוזות האופקיות לתזוזות מאונכות, באופן שעל לוח צילום קבוע מתקבלות הטמפרטורות על האבציסה, והטמפרטורות הדיפרנציאליות על האורדונטה. בשעה שאין ריאקציה תרמית חלה בדגימה, מתקבל ישר אופקי, כשמתרחת ריאקציה, הריהי מתבטאת על גבי העקומה ע"י בליטה בעלת אמפליטודה גדולה יותר ככל שהבדל הטמפרטורות הוא יותר ניכר. מחברים את התא הדיפרנציאלי באופן שריאקציות אנדרותרמיות (בליעת חום) מתבטאות בבליטה המכוונת כלפי מטה וריאקציות אכזותרמיות (פליטת חום) — בבליטה המכוונת כלפי מעלה.

החקירה הנסיונית

הקשיים העיקריים בקבלת עקומות מדויקות מקורם בהבדלי טמפרטורה טפילים, העלולים להתגלות בין שתי הדגימות במשך הניסוי. הבדלי טמפרטורה אלה אין מקורם ריאקציות התרמיות החלות בחומר הנבדק. הם גורמים לעקומות בלתי אופקיות וקביעת הקו היסודי המתאים לקו האפס התאורטי נעשית שרירותית ביותר. הפרעות אלו עלולות להגרם במקרים בהם התנור עצמו הטרוגני, או שהדגימות אינן מונחות בצורה המתאימה והן מוצגות להשפעתם של זרמי חום שונים. להלן אנו מתארים כיצד התגברנו אנו על מקור טעות זה. חוקרים אחדים השתמשו בבלוק מתכת כדי להביא לידי חימום הומוגני.

גורם שני לטעויות נעוץ בהבדלי הדיפוזיה התרמית בין שתי הדגימות. גרדיאנט הטמפרטורה בין הגוף ומרכזו תלוי בדיפוזיה התרמית שלו ויהא יותר גבוה ככל שתגבר מהירות החימום. אם הדיפוזיה התרמית של שני הגופים אינה שווה, וכך הדבר ברוב המקרים, הרי הגראדינטים של הטמפרטורה יהיו שונים וההבדלים ביניהם יגדלו ככל שתגבר מהירות עליתה של הטמפרטורה. מכאן יוצר הבדל טמפרטורות בין הגוף הניטרלי והדגימה, בלי שתחול בדגימה טרנספורמציה כל שהיא.

חוקרים רבים טפלו בבעיה זו והביאו הצעות מספר לפתרונה. ג'פריו (20) מציע להביא בחשבון את מסת הדגימה כפונקציה של קיבול החום שלה. גרימשאו (14) השתמש בתור גוף ניטרלי להשוואה בחומר שרוף בעל הרכב ידוע. מיטשל והנרי קבעו עקומה שניה של חומר אשר נשרף באותם התנאים של עלית הטמפרטורה ובאותה מערכת מכשירים. הם החסירו את העקומה השניה מזו המתארת את החומר הגולמי.

פתרונות אלו אינם משביעי רצון כלל וכלל, כיון שחלקם מתחשב רק בחום הסגולי של הדגימות ואחרים מזניחים את הדיפוזיה התרמית כפונקציה של הטמפרטורה. כידוע, תלויה מוליכות החום של גוף במקדם הדיפוזיה התרמית של אותו גוף. מקדם הדיפוזיה התרמית עצמו הוא פונקציה לא רק של קיבול החום (מכפלת החום הסגולי במסה הסגולית) אלא גם של מקדם המוליכות התרמית.

אשר לחום הסגולי, הרי ידועות לנו עבודותיהם של מק-גיי (22), סימפסון (23) ושוורטר (24) אשר מדדו את החום הסגולי של חמרים בזמן השריפה. חוקרים אלה מצאו שהחום הסגולי משתנה באופן ניכר בין טמפרטורת החדר ו-1000°. כן גלו שהחום הסגולי של אותו חומר אינו משתנה באותו אופן אם עורכים את המדידה בחומר הגולמי, או לאחר שריפה.

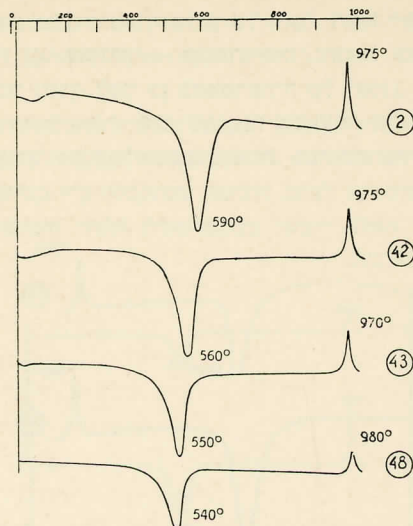
אין אנו יודעים מהם השינויים החלים במקדם המוליכות של חומר במהלך השריפה. אולם לאור הנתונים שאסף קוהן (25) מתברר שמקדם זה הוא שונה בחמר אשר לובן תחילה, וכן שאינו קבוע ומשותף לכל סוגי החמר. מאידך גיסא, משתנה המוליכות התרמית של דגימה בהתאם למבניה ולנקבוביותה, כלומר לפי צפיפותה המדומה והמוחלטת. עבודותיהם של ריקה ומוב (26) נותנות מושג על שינויי הצפיפות המוחלטת של חמרים שרופים בטמפרטורות שונות.

מכאן שאין לזלזל בערכם של שינויי הדיפוזיה התרמית, הגורמים להתהוותם של הפרשי טמפרטורות בין הגוף הניטרלי והחומר הנבדק. אולם אפשר לבטל את השפעתם, אם מקפידים על כך שעלית הטמפרטורה תהא איטית וקצובה ככל האפשר. ברם, אין להאיט את מהירות עליתה של הטמפרטורה מעבר לגבול מסוים, אשר בו ישתרר שיווי המשקל התרמי בכל רגע, ולא תהיה עוד אפשרות לעקוב אחר הריאקציות התרמיות, ולו גם בעזרת המכשיר הרגיש ביותר.

א. השפעתה של מהירות החימום

ערכנו את הניסויים האלה בקאולין, בתנאים שווים, חוץ ממהירות העליה של הטמפרטורה אותה הורדנו בהדרגה בין 12° לדקה ל- 1.75° לדקה. העקומות אשר התקבלו מובאות בצירור 1. לאורן מתברר:

(1) הכיוון האופקי של העקומות משתפר באופן ניכר עם ירידת מהירות החימום.



ציור 1 : השפעתה של מהירות החימום

(2) האמפליטודה של הבליטות קטנה. תופעה זו בולטת יותר לגבי הבליטות האנדותרמיות מאשר לגבי האנדותרמיות.

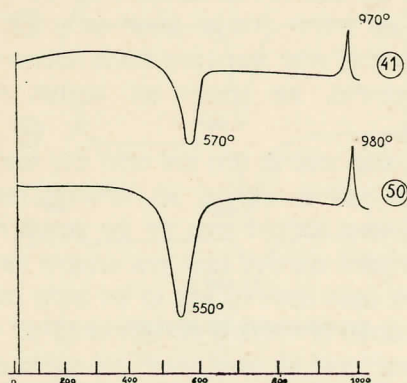
בקשר לירידתן הניכרת של הבליטות האנדותרמיות מענינת הכתכולתם של אינסולי ואוואל (12) אשר הרגישו בירידה דומה בקאולין של צטליץ, אם שורפים אותו לפני הבדיקה במשך זמן מה בטמפרטורות בין 840° ל- 910° . אפשר, איפוא, להסביר את הירידה הניכרת הזאת על-ידי התרכבות מחדש של האלומינה האמורפית. עליה איטית של הטמפרטורה מעודדת התרכבות זו.

(3) הטמפרטורה של נקודת המינימום בבליטה האנדותרמית יורדת עם ירידתה של מהירות החימום. היא מתקרבת יותר ויותר לטמפרטורה האמתית של הריאקציה. עובדה זו היא בעלת משמעות מיוחדת כיון שהיא מוכיחה שעם הקטנת מהירות החימום, גדלים הסיכויים להגביר את ההתאמה בין תוצאותיה של האנליזה התרמית לאלו של שיטות החקירה האחרות.

לעומת זאת, אין כל סטיה ניכרת בבליטה האנדותרמית.

(4) צורת הבליטה האנדותרמית היא יותר רגולרית במהירות קטנה מאשר במהירות גדולה. סיבת התופעה נעוצה, כנראה בעובדה שבמהירות קטנה, משתפרת ההומוגניות של הטמפרטורה בדגימה. כיון שגראדיאנט הטמפרטורה בין השטח החיצוני של הגוף למרכזו נעשה נמוך, מתרחשת הריאקציה באותו זמן בכל הנפח.

ב. השפעתו של החומר הנושא את הגוף הנבדק שתי העקומות בציור 2 נתקבלו באותם התנאים של עלית הטמפרטורה. האחת — כשהדגימות נתונות בתוך בלוק של ניקל, דומה לזה אשר שימש בניסויים של גרים ורוילנד (11), והשניה — כשהדגימות נתונות בתוך בלוק של חרסינה בעל צורה דומה, אשר נשרף לפני כן בטמפרטורה של 1100° . כיון שבעקומה השניה נתקבלו בליטות ברורות יותר, הרי שהוכחה השפעתו של קיבול החום של הגוף הנושא על האמפליטודה של הבליטות התרמיות, כפי שהראה גרובר (17).



ציור 2 : השפעת הכור בו נשרף החומר

מאידיך גיסא, מתברר שהבליטה האנדותרמית היא הרבה יותר סימטרית בעקומה מס' 50 (כשהחומר נתון בכור חרסינה) מאשר בעקומה 41 (כשהחומר נתון בכור ניקל). כן יש לשים לב לעובדה, שחודה של הבליטה האנדותרמית נמצא ב- 550° בעקומה 50, וב- 570° בעקומה 41, כלומר בטמפרטורה בהרבה יותר נמוכה בשעה שהחומר נתון בכור חרסינה. קרוב לודאי שחודיהן של הבליטות האלו בשתי העקומות אינן משקפות את אותו שלב בדהידרציה של החומר, ואז החוד בעקומה 41 (ניקל) מציין שלב קרוב לסוף הריאקציה, בשעה שהחוד בעקומה 50 (חרסינה) מציין את האטת הריאקציה, את נקודת הפיתול של עקומת הדהידרציה.

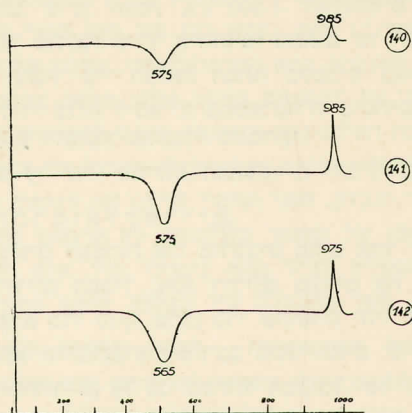
אפשר להסביר את התופעות המתוארות לעיל ע"י העובדה שבכור הניקל מתרחשת העברת החום במהירות יותר גדולה, בדרך זו יוחזר שיווי המשקל התרמי בדגימה אל כנו במהירות רבה, ומכאן זקיפותו של הענף העולה בבליטה האנדותרמית אשר בעקומה 41. לעומת זאת ממלא כור החרסינה, הודות לדיפוזיה התרמית הנמוכה שלו, תפקיד של מווסת בהעברת החום.

כן מתברר שהחוד האכזותרמי נמצא ב- 970° וב- 980° בעקומה 50. הבדל זה מסתבר אף הוא ע"י ההשערה אשר הובאה לעיל, כיון שכאן לפנינו התופעה ההפוכה, דהיינו פליטת חום ולא בליעתו.

ג. השפעת צפיפותה של הדגימה

כמות חום המשתחררת או הנספגת בריאקציה תרמית היא פונקציה של מסת החמר אשר בה חלה הריאקציה. מכאן שהבליטה התרמית המתארת שינוי זה תהא ניכרת יותר ככל שתגדל המסה ביחידת הנפח, בתנאי שהחום לא יתפזר במהירות רבה יותר.

השערה זו הוכחה בנסיון, כאשר נקבעו עקומות האנליזה התרמית של דגימות קאולין, אשר הוכנו בשלוש שיטות: דגימה בצורת אבקה, דגימה שנתקבלה בשעת המשיכה של העיסה הפלסטית לחוט, ודגימה שנתקבלה ע"י כבישת אבקה שהורטבה קמעה. שלוש הדגימות האלה יובשו בטמפרטורת החדר והניסויים נערכו, איפוא, בתנאים שווים מכל הבחינות.



ציור 3: השפעתה של צורת העיצוב

התוצאות שנתקבלו מובאות בציור 3. מתברר שהבליטות התרמיות גדלות במידה ניכרת בשעה שהדגימה מתוחה או כבושה. לא נתגלו הבדלים ניכרים בין שתי שיטות ההכנה האלו.

מסקנות:

לאור הניסויים המתוארים לעיל מתברר שבכדי לקבל עקומות מדויקות, רצוי להאיט את מהירות עלייתה של הטמפרטורה, לערוך את הניסוי בדגימות אשר נתקבלו ע"י משיכת החומר הפלסטי, לסמוך את הדגימה על גוף בעל קיבול תרמי נמוך. (אם אפשרי הדבר, על חרסינה אשר נשרפה ב-1100°C).

ביצוע הניסוי ותאור המכשירים הדרושים

א. התנורים וויסותם.

הניסויים הראשונים נערכו בתנור חשמלי בנוי לפי שיטת Voulmier — Chevenard. העקומות אשר נתקבלו בעזרת תנור זה לא היו משביעות רצון בגלל הגלים המופיעים בהן. תופעה זו מקורה כפי הנראה בזרמי השראה בתאים התרמו-אלקטריים ואמנם התנור מכיל התנגדות בצורת סליל הכרוך על גבי צינור העומד

בפני טמפרטורות גבוהות. הויסות של הסליל הלז הנעשה בשיטת "הכל או לא כלום" גורם לכך שבשעת פתיחתו וסגירתו של מעגל החימום מתעוררים בתאים התרמו-אלקטריים זרמי השראה, המופיעים על גבי העקומות בגלל רגישותו של המכשיר הרושם.

השערה זו הוכחה בניסוי הבא: בתוך התנור הושם חוט אשר שני קצותיו חוברו אל קטביו של גלנומטר דיפרנציאלי. באופן זה אפשר היה להרגיש בסטיה ניכרת של כתם האור, בכל פעם שמעגל החימום בתנור, נסגר או נפתח. כדי למנוע תקלות אלו השתמשנו בתנור אמגנטי. ההתנגדויות אשר בו היו קבועות לאורך התנור.

התכונות האופיניות לתנור זה הן: קוטר פנימי שימושי: 50 מ"מ, אורך האזור המחמם: 320 מ"מ, הספק 1.500 VA. האלמנטים החשמליים מסודרים באופן שבמרכז התנור מתקבל איזור איזותרמי בתחום של 2°, לאורך של 80 מ"מ. מוסתים את התנור ע"י העלאת המתח בקטבים באופן ממושך ובמהירות קצובה, כדי להגיע לידי עליה לינארית בטמפרטורה. מוסתים באמצעות האלטרנו-סטאט Ferrix CO 15 ומוטור אלקטרי סינכרוני. התנור מורכב על שתי מסילות המאפשרות להניעו בהקבלה לזיר.

ב. התאים התרמואלקטריים.

התאים המשמשים למטרות אלו מורכבים מחוט אחד של פלטינה וחוט שני של נתך פלטינה ורודיום המכיל 10% רודיום. מצרים את החוטים ככל האפשר (קטרם אינו מגיע אלא כדי 3/10 מ"מ) כדי שהתאים יהיו בעלי קיבול חום נמוך ואינרציה חלשה. התא הדיפרנציאלי מורכב משני תאים שוים המורכבים במנוגד מחוץ לתנור. בכרנו סידור זה על פני הסידור המקובל, של שלושה חוטים (2 חוטי פלטינה הקשורים זה לזה ע"י חוט של נתך פלטינה ורודיום) מכמה טעמים: כדי לדאוג לסידור נוח ולפעולה יעילה של התאים וכן להבטיח שהתאים יהיו זהים והסימטריה שלמה.

ג. הבולק הנושא את הדגימות.

בולק זה הורכב מגליל חרסינה אשר נשרף תחילה ב-1100°. קטרו הגיע ל-30 מ"מ, אורכו ל-50 מ"מ. בתוך הגליל מורכבים על אותו ציר שני חללים גליליים (קוטר 10 מ"מ, אורך 12 מ"מ) המונחים באופן סימטרי ביחס למרכז הגליל. את הגליל עוברת לארכו תעלה בעלת קוטר של 3 מ"מ. דרכה עובר התא התרמואלקטרי המשווה. שני הקצוות חתומים בעזרת פקקים מאותו חומר. בעזרתם קובעים את התאים התרמואלקטריים הדיפרנציאליים באופן שההלחמה החמה תמצא במרכז החללים, ובעמדה סימטרית לגבי התא המשמש להשוואה. סידור זה מאפשר, איפוא, לקבוע את שלוש ההלחמות של התאים הדיפרנציאליים בציר התנור.

ד. ויסות.

כיון שהאזור המרכזי בתנור בו הטמפרטורה הומוגנית אינו איזותרמי לחלוטין, מתהווה על ציר התנור גראדיאנט טמפרטורה חלש אשר ציר הסימטריה שלו אינו עובר דוקא במישור הסימטריה הגיאומטרית של התנור.

רצוי, איפוא, להרכיב את החלקים המתוארים לעיל כשמרכזם מכוון למישור הסימטריה התרמית של התנור, כדי שהעקומות אשר תתקבלנה תהינה אופקיות לחלוטין.

ויסות זה נערך אחת ולתמיד כמתואר להלן: מכניסים שתי דגימות זהות לחלוטין ושרופות בכל אחד מהחללים של הבלוק הנושא את הדגימות. אם הויסות אינו מושלם, מתקבל ישר היוצר זווית מסוימת עם הכיוון האופקי. בתנאים אלה מעתיקים את התנור קמעא ממקומו ע"י הסעתו על המסילות עד שמתקבל הכיוון האופקי הרצוי. קובעים אח"כ את התנור בעמדה זו.

ה. שיטת העבודה בה נקטנו.

1. הכנת הדגימות: שוינו לדגימות צורת מבחנות גליליות בעלות קוטר של 10 מ"מ וגובה של 12 מ"מ. נקבנו בהן חור בעל קוטר של 2 מ"מ ועומק של 6 מ"מ, אשר ישמש להעברת התא התרמואלקטרי. עצבנו את הדגימות, ע"י משיכת עיסה פלסטית. יבשנו את הדגימות במשך ימים מספר בתנור ב- 33° .

במקום תחמוצת האלומיניום השרופה, בכרנו להשתמש כגוף ניטרלי. בדגימות קאולין אשר טוהר מקורץ בעזרת צנטריפוגה, עצבנו את הקאולין באותה דרך בה עוצבו דגימות החומר הנבדק. לפני הניסוי שרפנו את דגימות הקאולין ב- 1050° עד לטרנספורמציה המלאה של החומר בשלמותו. לא הרגשנו בהבדלים בין העקומות אשר להן שימש הקאולין הנ"ל כגוף ניטרלי ובין אלה להן שימשה תחמוצת האלומיניום השרופה, אשר התקבלה ע"י כבישה יבשה בתוך מכתש מתכתי.

2. עליתה של הטמפרטורה: לאחר ניסויים שונים קבענו שמהירות לינארית של עלית הטמפרטורה בשעור 3° לדקה היא המתאימה ביותר בבדיקת חמרים. במהירות זו, האמפליטודה של הבליטות היא לגמרי מספקת: סטיה מאונכת של 1° ס"מ על הלוח משקפת הבדל של 1° בין שתי הדגימות.

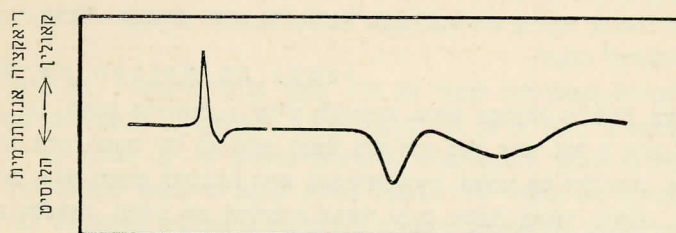
שיטת האנליזה התרמית הדו-דיפרנציאלית

בשיטה זו שמים במקום הגוף הניטרלי (תחמוצת האלומיניום שרופה או קאולין שרוף), חומר גולמי, קאולין למשל, אשר עקומת האנליזה התרמית הדיפרנציאלית שלו ידועה. העקומה המתקבלת באנליזה התרמית הדו-דיפרנציאלית מתארת, איפוא, את ההפרש בין שתי העקומות המתקבלות בשיטה הקלסית: זו של החומר הנבדק וזו של הקאולין המשמש כגוף ניטרלי להשוואה. בעקומה זו תתבטאנה הריאקציות התרמיות החלות בגוף נבדק בדרך הרגילה, היינו ריאקציות אנדותרמיות בבליטות כלפי מטה ואכזותרמיות — בבליטות כלפי מעלה. לגבי הקאולין המשמש להשוואה הן תתבטאנה בדרך הפוכה: ריאקציות אנדותרמיות — כלפי מעלה ואכזותרמיות — כלפי מטה.

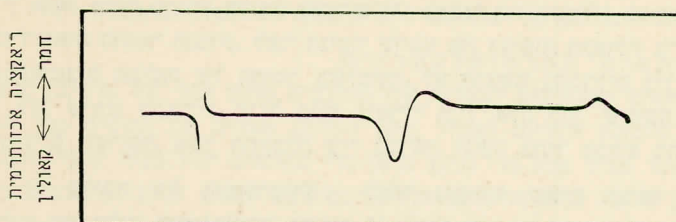
במקרה ששתי הדגימות הן זהות, יבטלו האפקטים התרמיים זה את זה, ויתקבל קו ישר.

אם באחת הדגימות חלות אותן ריאקציות תרמיות החלות גם בשניה, אלא באמפליטודה שונה, תמצאנה הריאקציות את בטוין על העקומה בבליטות המופנות בכיוונה של הדגימה בה חלה הריאקציה החזקה יותר.

המקרה בו חלות בשתי הדגימות ריאקציות תרמיות שונות מודגם ע"י העקומות בציר 4. העקומה 1 מראה הלוסטים בהשוואה לקאולין. אפשר לראות בברור שהריאקציה האנדותרמית של התאדות מי התרכובת בהלוסיט מתחילה לפני זו החלה בקאולין. העקומה 2 מראה חומר קאוליני עשיר בחומרים הומיים בהשוואה לקאולין. בולטת במיוחד הופעתה המוקדמת של הריאקציה האנדותרמית בחומר בהשוואה לקאולין.



עקומה 2 : חומר הומי / קאולין



עקומה 1 — הלוסטיט / קאולין

ציר 4 : עקומות דירנציאליות

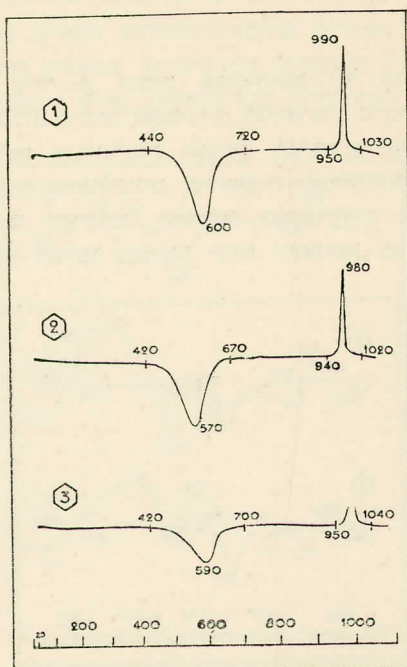
בעזרת שיטה זו אפשר, איפוא, להשוות את הריאקציות התרמיות של שתי הדגימות בדרך הרבה יותר מדויקת מאשר בעזרת שתי עקומות נפרדות המתקבלות ע"י האנליזה התרמית הדיפרנציאלית הרגילה. השיטה הדירנציאלית היא מדויקת יותר כיון ששתי הדגימות נמצאות בתנאים תרמיים שווים מכל הבחינות והשפעתה של הדיפוזיה התרמית מתבטלת באופן הדדי, בתנאי ששתי הדגימות תהיינה בעלות הרכב מינרלוגי דומה. ברם, כדי להבטיח את דיוקה של שיטה זו, יש להשתמש במכשיר בו שורר שיווי משקל תרמי גמור.

תוצאות — עקומות טפוסיות

עקומות האנליזה התרמית הדיפרנציאלית המובאות להלן לא הועתקו בשרטוט. אלה הן התמונות האורגניות של העקומות כפי שנרשמו ע"י המכשיר הרושם. בכל המקרים השתמשו בגלונומטר בעל אותה רגישות למדידת הטמפרטורה של הדגימות. רק רגישותו של הגלונומטר הדיפרנציאלי שונתה בשעת רישומן של כמה עקומות. שלוש רגישויות שונות שמשו לרישום העקומות האלו. היחס ביניהן היה בערך, 1, $\frac{1}{2}$, ו- $\frac{1}{3}$. להלן אין אנו מציגים את העקומות

אשר נרשמו ביחס 1. אנו מצינים את הרגישות לגבי אותן העקומות אשר לגביהן היה היחס $\frac{1}{2}$ ו- $\frac{1}{3}$.
א. הקאולינים.

בעקומתו של קאולין מ-Arvor (ציור 5, עקומה 1) מתגלים תחילה גלים קלים (עקב הרטיבות אשר שרדה בחומר). אח"כ נמשכת גזרה אופקית עד 440° . כאן מופיעה בליטה אנדותרמית כמצינת את התאדותם של מי התרכובת. בליטה זו מגיעה למכסימום שלה ב- 600° ומסתיימת ב- 720° . בטמפרטורה זו חוזרת העקומה ונעשית אופקית עד שב- 950° מתחילה ריאקציה אכזותרמית המסתיימת ב- 1030° . בליטה זו מגיעה למכסימום שלה בטמפרטורה של 990° .

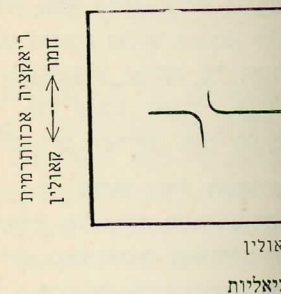
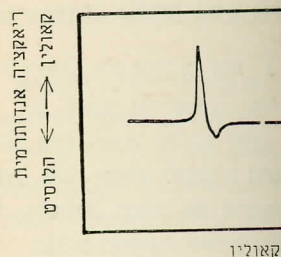


ציור 5 : קאולינים

עקומתו של קאולין מ-Zettlitz (ציור 5, עקומה 2) נוטה בראשיתה קמעה כלפי מטה. נטיה זו מקורה בריאקציה אנדותרמית קלה, כיון שתהליך הדהידרציה הוא סדיר, אך איטי. הבליטה האנדותרמית של קאולין זה מופיעה בין 420° ל- 670° והמכסימום נתון ב- 750° . בליטה זו מקדימה, איפוא, במקצת זאת זו המקבילה לה בקאולין מארבור. עובדה זו מתאימה לתוצאותיה של וזאנליזה התרמוגרבימטרית, אשר לפיה מאבד קאולין זטליץ את מי התרכובת שלו לפני הקאולין מארבור.

החלק השני של עקומת האנליזה התרמית של קאולין זטליץ הוא אופקי עד ל- 94° . בטמפרטורה זו תחילתה של הבליטה האכזותרמית המגיעה למכסימום שלה ב- 980° ומסתיימת ב- 1020° .

ציות תרמיות שונות מודגם ע"י
בהשוואה לקאולין. אפשר לראות
התרכובת בהלוסיט מתחילה לפני
י עשיר בחומרים הומיים בהשוואה
הריאקציה האכזותרמית בחומר

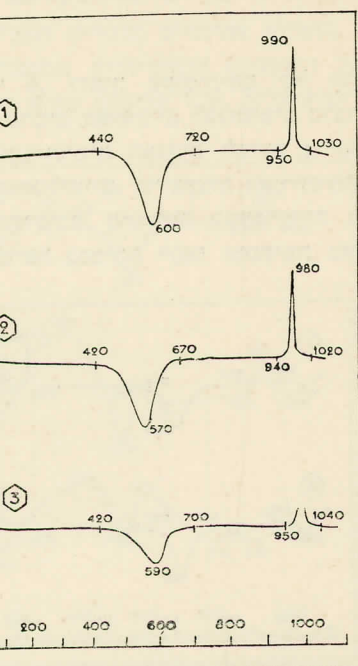


הריאקציות התרמיות של שתי
שתי עקומות נפרדות המתקבלות
השיטה הדו-דיפרנציאלית היא
ים תרמיים שונים מכל הבחינות
הדדי, בתנאי ששתי הדגימות
להבטיח את דיוקה של שיטה
תרמי גמור.

המובאות להלן לא הועתקו
ומות כפי שנרשמו ע"י המכשיר
בעל אותה רגישות למדידת
לנומטר הדיפרנציאלי שונתה
שונות שמשו לרישום העקומות
אין אנו מציגים את העקומות

אשר נרשמו ביחס 1. אנו מציגים את הרגישות לגבי א
היה היחס $\frac{1}{2}$ ו- $\frac{1}{3}$.
א. הקאולינים.

בעקומתו של קאולין מ-Arvor (ציור 5, עקומה
קלים (עקב הרטיבות אשר שרדה בחומר). אח"כ נמשכו
כאן מופיעה בליטה אנדותרמית כמציגת את התאדותם
זו מגיעה למכסימום שלה ב- 600° ומסתימת ב- 720° . בטמ
ונעשית אופקית עד שב- 950° מתחילה ריאקציה אכזותר
בליטה זו מגיעה למכסימום שלה בטמפרטורה של 990°



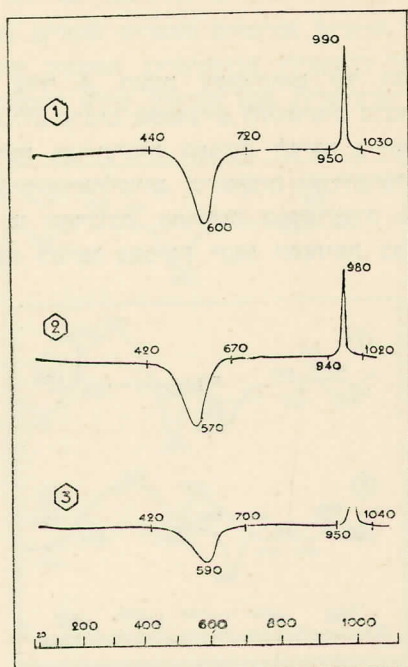
ציור 5: קאולינים

עקומתו של קאולין מ-Zettlitz (ציור 5, עקומה 2
כלפי מטה. נטיה זו מקורה בריאקציה אנדותרמית קלה,
הוא סדיר, אך איטי. הבליטה האנדותרמית של קאולין
ל- 670° והמכסימום נתון ב- 750° . בליטה זו מקדימה,
המקבילה לה בקאולין מארבור. עובדה זו מתאימה ל
התרמוגרבימטרית, אשר לפיה מאבד קאולין וטליץ את
הקאולין מארבור.

החלק השני של עקומת האנליזה התרמית של ק
עד ל- 94° . בטמפרטורה זו תחילתה של הבליטה האכזותר
שלה ב- 980° ומסתימת ב- 1020° .

אשר נרשמו ביחס 1. אנו מצינים את הרגישות לגבי אותן העקומות אשר לגביהן היה היחס $\frac{1}{2}$, ו- $\frac{1}{3}$.
א. הקאולינים.

בעקומתו של קאולין מ-Arvor (ציור 5, עקומה 1) מתגלים תחילה גלים קלים (עקב הרטיבות אשר שרדה בחומר). אח"כ נמשכת גזרה אופקית עד 440° . כאן מופיעה בליטה אנדותרמית כמצינת את התאדותם של מי התרכובת. בליטה זו מגיעה למכסימום שלה ב- 600° ומסתיימת ב- 720° . בטמפרטורה זו חוזרת העקומה ונעשית אופקית עד שב- 950° מתחילה ריאקציה אכזותרמית המסתיימת ב- 1030° . בליטה זו מגיעה למכסימום שלה בטמפרטורה של 990° .



ציור 5 : קאולינים

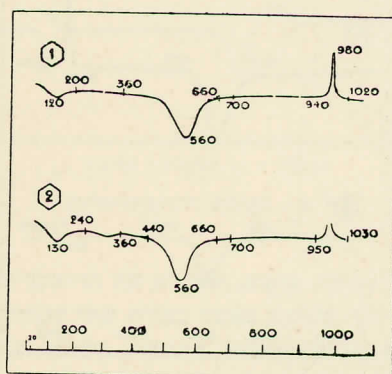
עקומתו של קאולין מ-Zettlitz (ציור 5, עקומה 2) נוטה בראשיתה קמעה כלפי מטה. נטיה זו מקורה בריאקציה אנדותרמית קלה, כיון שתהליך הדהידרציה הוא סדיר, אך איטי. הבליטה האנדותרמית של קאולין זה מופיעה בין 420° ל- 670° והמכסימום נתון ב- 750° . בליטה זו מקדימה, איפוא, במקצת זאת זו המקבילה לה בקאולין מארבור. עובדה זו מתאימה לתוצאותיה של וזאנליזה התרמוגרבימטרית, אשר לפיה מאבד קאולין זטליץ את מי התרכובת שלו לפני הקאולין מארבור.

החלק השני של עקומת האנליזה התרמית של קאולין זטליץ הוא אופקי עד ל- 94° . בטמפרטורה זו תחילתה של הבליטה האכזותרמית המגיעה למכסימום שלה ב- 980° ומסתיימת ב- 1020° .

העקומה 3 (ראה ציור 5) מתארת קאולין מ-Plemet נקבעה כשרגישותו של הגלנומטר הדיפרנציאלי היתה $1/2$. בתחילתה מתגלים גלים קלים והיא נשארת אופקית עד לטמפרטורה של 420° , בה מתחילה הריאקציה האנדותרמית המגיעה לשיאה ב- 590° ומסתימת ב- 700° . מכאן העקומה אופקית עד לריאקציה האנדותרמית המתחילה ב- 950° ומסתימת ב- 1040° . בסיכום הדברים רואים אנו, איפוא, שעקומות האנליזה התרמית הדיפרנציאלית של הקאולינים הן בעלות צורה אחידה, כיוון אופקי והן מצטינות בשתי בליטות. הבליטה האנדותרמית מתגלה בערך ב- 950° — 940° ומגיעה לשיאה בסביבת 980° .

ב. ההלוסיטים.

כפי שמראה ציור 6, דומות עקומותיהם של ההלוסיטים לאלו של הקאולינים, אולם מתגלים פרטים האופייניים להלוסיטים בלבד, ואלו הם: בתחילת העקומה מתגלה בליטה אנדותרמית המגיעה לשיאה ב- 130° — 120° . זו משקפת את התאדותם של המים הזואוליטיים. הריאקציה האנדותרמית השניה, זו המלוות את התאדותם של מי התרכובת, מתרחשת בטמפרטורה נמוכה יותר (מתגלה בערך ב- 360° , מגיעה לשיאה בסביבת 560° ומסתימת בערך ב- 700°).

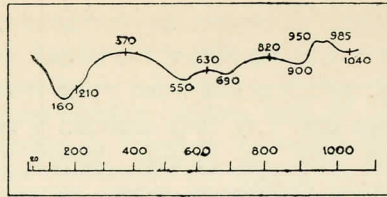


ציור 6 : הלוסיטים

ג. המונטמורילוניטים.

העקומות שלהן אינן בעלות צורה קבועה. הטמפרטורות המצינות את הריאקציות התרמיות השונות משתנות מדגימה אחת לשניה. סיבת התופעה נעוצה כנראה בקוהזיה החלשה של השריג. בראשיתה של העקומה מתגלות 3 בליטות אנדותרמיות: הראשונה מצינת את התאדותם של המים ההיגרוסקופיים והזואוליטיים, השניה והשלישית מצינות את התאדותם של מי התרכובת (ציור 7).

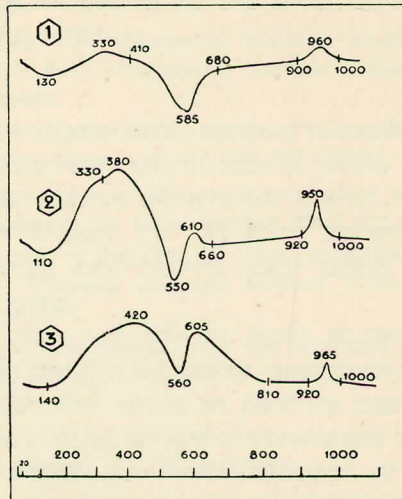
הבליטה האנדותרמית המופיעה לאחר ריאקציה אנדותרמית קלה, היא בעלת צורה מיוחדת ואפשר לראותה כאופינית למונטמורילוניטים בכלל.



ציור 7 : מונטמורילוניטים

ד. חמרים המכילים חומרים אורגניים.

מציאותם של חומרים אורגניים (חומרים הומיים, פחמימניים או ליגנין) גורמים להתהוותן של ריאקציות אכזותרמיות, המשנות את פניהן של עקומות האנליזה התרמית הדיפרציאלית. הננו מביאים שלוש דוגמאות בציור 8.



ציור 8 : חמרים המכילים חומרים אורגניים

העקומה 1 מתארת קאולין עשיר בחומרים הומיים. בתחילתה מתגלה ריאקציה אנדותרמית ואחריה מיד בליטה אכזותרמית כתוצאת השריפה של החומרים ההומיים, המגיעה לשיאה ב- 330° , בין 410° ו- 680° בערך מופיעה ריאקציה אנדותרמית — התאדות מי התרכובת של קאולין. הבליטה האכזותרמית של הקאולין מתגלה בין 900° ל- 1000° , כשיאה ב- 960° . בליטה זו היא הרבה יותר מעוגלת ובעלת אמפליטודה נמוכה מזו המתגלה בקאולין טהור.

העקומה 2 מתארת חמר מ-Neuvic. זהו קאולין המכיל כמות רבה של חומרים הומיים וליגנין. לאחר ריאקציה אנדותרמית קלה מופיעה הבליטה האכזותרמית המצינת את שריפתם של החומרים האורגניים והנמשכת עד ל- 660° .

הריאקציה האנדותרמית המלווה את התאדות מי תרכובת משולבת ונבלעת בבליטה זו. הריאקציה האנדותרמית מופיעה בין 920° ל- 1000° . העקומה 3 מתארת קאולין המכיל אחוז גבוה ביותר של חומרים פחמימניים. האפקט האנדותרמי הכרוך בשריפתם נמשך עד ל- 800° בערך. האפקט האנדותרמי של הקאולין מתגלה בבליטה המופיעה בין 420° ל- 605° . אשר לבליטה האנדותרמית, הרי זו מופיעה במוקדם ובאמפליטודה מוקטנת. בסיכומי של דבר, גורמים החומרים האורגניים, לריאקציה אכזותרמית העלולה להמשך עד ל- 800° . לפניה מופיעה ריאקציה אנדותרמית קלה שמקורה במידה רבה בדהידרציה של החומרים האורגניים. נוכחותם של חומרים אלה אינה משפיעה באופן ניכר על התאדותם של מי התרכובת, אולם מאידד גיסא, היא בעלת השפעה ניכרת על הריאקציה האכזותרמית. זו האחרונה מופיעה במוקדם ובצורה פחות בולטת. תופעה זו ניתנת להסברה ע"י השנויים החלים באטמוספירה של התנור עקב שריפתם של החומרים האורגניים. סונדרס וגרידורי (29) מצינים בעבודתם את השנויים הבולטים החלים באפקט האכזותרמי בהתאם לאטמוספירה בה נערך הניסוי.

מסקנות

מערכת המכשירים אשר תארנו בעבודתנו זו מאפשרת להגיע למהירויות חימום נמוכות באופן ניכר מאלו הנזכרות בעבודות קודמות. שיטת עבודתנו מבטיחה את היתרונות הבאים:

1. היא מורידה באופן ניכר את הבדלי הטמפרטורות המתגלים בין שתי הדגימות בגלל ההבדלים הבלתי נמנעים בין מקדמי הדיפוזיה התרמית שלהם.
2. רושמים, אפוא, אך ורק את הבדלי הטמפרטורות הנגרמים ע"י הריאקציות התרמיות של הדגימה. הטמפרטורות הנרשמות הן קרובות מאד לטמפרטורות המלוות את התהליכים במציאות.
3. יתכן להגיע לדיוק גדול ע"י הורדה נוספת של מהירות החימום והגדלה מקבילה של רגישות הגלונומטר הדיפרנציאלי.
4. השיטה החדשה של האנליזה התרמית המכונה בשם "האנליזה התרמית הדיפרנציאלית", אשר תארנו לעיל, עלולה להביא תועלת רבה בלימוד השינויים החלים במבנה החמר כתוצאה מתהליכים שונים.

ביבליאוגרפיה *

1. H. Le Chatelier. — *Action de la chaleur sur les argiles* (Bull. Soc. Franç. Min., t. X, 1887, pp. 204-211).
2. Mitchell & Henry. — Jour. Am. Cer. Soc., 26 (4), 115 (1943), réf. 2a.
3. Ruby Wallach. — *Analyse thermique des argiles* (C.R. Acad. Sc., t. CLVII, 1913, p. 48).
4. Satoh. — *A study of the heating and cooling curves of Japanese kaolinite* (Jour. Am. Cer. Soc., 1921, pp. 185 à 188).

* הננו מביאים בזה את הביבליאוגרפיה המלאה המלווה את המאמר המקורי והכוללת, אפוא, גם פרסומים אשר נשמטו מסיכומנו.

5. Houldsworth & Cobb. — *The behaviour of fireclays, bauxites, etc... on heating* (Jour. Am. Cer. Soc., 1923, pp. 121-124).
6. J. Orcel & S. Caillère. — *L'Analyse thermique différentielle des argiles et mountmorillonites* (Compt. rend. 197 (15), 774-777 (1933).
7. J. Orcel. — *L'emploi de l'analyse thermique différentielle dans la détermination des constituants des argiles, latérites et des bauxites* (Cong. Inter. Mines Géol, I, 359-373 (1936).
- 8. S. Caillère et S. Henin. — *Application de l'analyse thermique différentielle à l'étude des argiles des sols* (Ann. Agron., (1), 2372. (Janv. Fév. 1947).
9. A. Jourdain. — *Recherches sur les constituants des argiles réfractaires à l'aide de l'analyse thermique* (La Céramique 40 (593), 135-141 (1937).
10. F.H. Norton. — *Critical study of the differential thermal method for the identification of the clay minerals* (Jour. Am. Cer. Soc., 22 (2), 54-63 (1939).
11. Grim & Rowland. — *Differential thermal analysis of clays and shales a control and prospecting method* (Jour. Am. Cer. Soc., 27 (3), 65-76 (1944).
12. Insley & Ewell. — *Thermal Behaviour of the kaolin minerals* (Jour. Research Nat. Bur. Stand., 14 (5), 551-556 (1935).
13. Hendricks & Alexander. — *Minerals present in soil colloids. I. Description and methods for identification* (Soil. Sci. 48, 257-271, 1939).
14. Grimschaw, Heaton & Roberts. — *The constitution of refractory clays. Part II. Thermal analysis method* (Trans. Brit. Cer. Soc. 44 (6), 76-92 (1945).
15. W. Steger. — *Die Längenänderung von Kaolinen und einigen anderen Tonmineralien beim Brennen bis 1100° C* (Ber. der D.K.G. 23 (2), 65-66 (1942).
16. Herold & Planje. — *Modified differential thermal analysis apparatus.* (Jour. Am. Cer. Soc. 31 (1), 20-22 (1948).
17. R. M. Gruver. — *Precision method of thermal analysis.* (Jour. Am. Cer. Soc. 31 (12), 323-328 (1948).
18. W. R. Beck. — *Crystallographic inversions of the aluminium orthophosphate polymorphs and their relation to those of silica.* (Jour. Am. Cer. Soc. 32 (4), 148-149 (1949).
19. Scheepers. — *L'enregistrement des courbes d'analyse thermique différentielle au moyen du potentiomètre électronique.* (Chim. et Indus. 60 (3 bis), 81 (1948).
20. Jeffries. — *Quantitative approach to the study of thermal characteristics of clays.* (Soi. Sci. Soc. Amer. Proc. 9, 86-91 9(44).
21. Mitchell & Henry. — *Nature of Georgia kaolin. II. Evidence of mineralogical analysis.* (Jour. Am. Cer. Soc. 26 (4), 115-116 (1943).
22. Mac Gee. — *The heat required to fire ceramic bodies.* (Jour. Am. Cer. Soc. 9 (4), 206-247 (1926).

23. H. E. Simpson. — *The heat required to fire ceramic bodies.* (Jour. Am. Cer. Soc. 10 (11), 897-918 (1927).
24. Shorter. — *The measurement of the heat required in firing clay.* (Trans. Brit. Cer. Soc., 1948, pp. 16-19).
25. Cohn. — *Ueber Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnung, spezifische Wärme und einige andere thermische Eigenschaften von Mineralien und keramischen Massen* (Ber. der D.K.G. 9 (5), 245 (1928).
26. Rieke & Mauve. — *Zur Frage des Nachwieses der mineralischen Bestandteile der Kaoline.* (Ber. der D.K.G. 23 (4), 119-151 (1942).
27. Kerr & Kulp. — *Multiple differential thermal analysis.* (Am. Miner. 33, 387-419 (1948).
28. Gamal M. Gad. — *Thermochemical changes in Alunite and Alunitic Clays.* (Journ. Am. Cer. Soc. 33 (6), 208-210 (juin 1950).
29. Saunders & Griedroye. — *Differential Thermal Analysis in Controlled Atmosphere.* (Trans. Brit. Cer. Soc. 49 (8), 365-374 (août 1950).
30. F. H. Norton. — *The thermal conductivity of some refractories.* (Jour. Am. Cer. Soc. 10 (1), 43 (1927).

י מ ר ק ז ו ל י מ

Bockenbrecher	jaw crusher	מפרך לסת
Filterpresse	filter press	מכבש סינון
Walzenmühle	roller mill	טחנת גלילים
Kugelmühle	ball mill	טחנת כדורים
Vakuumstrangpresse	deairing pug mill	מכבש ואקום

Development Plans for the Israel Ceramic Industries

based on data compiled by Dr. K. COHEN,
of the Ministry of Trade and Industry.

This outline of an expansion plan for the Israel Ceramic Industries is based on three main factors: the availability of local raw materials, the expanding local market and the prospects for export. The plans forecast a total output of IL. 1,766,800 in 1952 as compared to IL. 594,800 in 1950 and accordingly total savings and net earnings in foreign currency of the equivalent of IL. 790,000 in 1952 as compared to IL. 168,000 in 1950. Even in 1952, however, the scheduled production will satisfy on the average about two thirds of the local demand.

Expansion of "Harsa"

by E. VISHINSKY, "Technical Manager, Harsa.

Harsa, a ceramic factory near Haifa, has opened a branch at Beer Sheba in the Negev. The new plant will produce mainly sanitaryware and wall tiles.

Identification of Clays by Differential Thermal Analysis

by GÉRARD-HIRNE and CHARLES LAMY of the French Ceramic Institute, condensed from the "Bulletin de la Société Française de Céramique".

The authors describe the apparatus which they employed and the improvements they introduced in the method and outline a new method of bidifferential thermal analysis which is particularly sensitive. The original curves corresponding to a number of clays are reproduced.

satisfies the requirements of the Ceramic Industry, provided certain impurities are eliminated at source and a suitable roasting method is adopted.

No. 2. Utilization of Haifa Marl for the Manufacture of Wall Tiles

A thorough laboratory investigation has shown that local raw materials could be made to constitute 75% of the total required for the manufacture of wall tiles. The experimental slip giving satisfactory results contained 27.5% Haifa marl and 47.5% Negev quartz.

No. 3. The Humates as Deflocculating Agents

A comparative study has shown the advantage of humates over sodium hydroxide and silicate as deflocculating agents. The humates were prepared from two humic acids extracted by Prof. Heimann of the Hebrew Technical Institute from Huleh peat and olive cake respectively.

No. 4. Clays No. 50 and No. 53 from the Machtesh Gadol (Negev)

A detailed laboratory investigation has shown that the two samples, marked No. 50 and No. 53 respectively, represent important raw materials for the ceramic industry. Both contain over 35% of alumina and are free of chloride. No. 53 is available for industrial utilisation and has already given satisfactory results in the manufacture of refractories and calcareous earthenware. No. 50 has not yet been discovered in sufficient quantities. It seems that both clays may constitute substitutes for certain ceramic raw materials hitherto imported.

The Italian Brick Industry

by J. WINKELBERG, Civil Engineer, Naaman factory.

The author has recently been to Italy where he studied a new method for the manufacture of large hollow blocks. A description of the Italian process is followed by considerations of its applicability to conditions in Israel.

who considered it suitable for the manufacture of earthenware, sanitaryware, whiteware, fine stoneware and fire bricks.

Dosage of Mixtures for the Preparation of Ceramic Bodies

by E. TAUBER, Ceramic Engineer, Research Director C.R.A.

The author outlines three methods employed currently for the dosage of ceramic bodies and shows the advantages of both the wet method and in certain cases the mixed method over the dry method.

Report of Activities

tabled at the annual general meeting of the C.R.A.

The report covers the first year since the establishment of the Association. It mentions *inter alia* the first ceramic conference connected with Dr. Singer's visit to Israel, the series of lectures organized for ceramic workers, the bulletin of the Association, the engagement of Mr. Tauber as research director, the various research projects carried out in the laboratory of the Association, (see below) and the cooperation with various governmental bodies in connection with the Negev clays.

Plans for a Ceramic Pilot Plant

by E. TAUBER, Ceramic Engineer, Research Director, C.R.A.

The detailed scheme for a Ceramic Pilot Plant was brought before the general meeting of the Ceramics Research Association. The plant is intended to conduct research in all fields concerning the Ceramic Industry and assist individual members of the Association in solving their own particular problems.

LABORATORY REPORTS

The following investigations have been carried out in the laboratory of the Ceramics Research Association by Mr. E. Tauber, Ceramic Engineer, Research Director, C.R.A.

No. 1. A Study of the Plaster of Gesher (Bet Shean area)

A detailed chemical and physical investigation has shown that this plaster, and especially the white variety, fully

ENGLISH SUMMARIES

Improvement of Plaster Moulds

by FELIX SINGER, Dr. Phil., Dr. Ing., F.A.C.S.

(Condensed from "The British Clayworker", March 1950)

The author studies the main aspects of the manufacture and use of plaster moulds and suggests interesting improvements in quality and durability. Dr. Singer stresses the importance of the quantity of water used for making up the plaster, the need for thorough mixing and the importance of careful uniform drying of both new and used moulds.

Calcareous Earthenware: the Relation between Ceramic Body and Glaze and the Shrinkage of Quartz

by E. TAUBER, Ceramic Engineer, Research Director, C.R.A.

(Part I)

The first part of this article, published in the present edition, describes the various methods by which adaptation of the glaze to the ceramic body can be improved. The influence of the various constituents on the properties of the ceramic body are summarized in relation to the above problem.

The Wadi Ruman Clay

This report deals with a scientific investigation carried out in 1943-46 with a view to determine the properties of the clay discovered in Wadi Ruman, in the Negev, and its importance as a ceramic raw material. The investigation was carried out by the Industrial Research Division of the Jewish Agency headed by Dr. K. Cohen; Dr. P. Solomonica carried out the geological investigation and Dr. E. Landsberg the chemical and ceramic tests. This clay was found to contain on the average 32% of alumina and traces of NaCl. It was further submitted to Dr. F. Singer, Consulting Ceramist, London,

EDITORIAL OFFICE: P.O.B. 1048, HAIFA

RESEARCH COUNCIL OF ISRAEL
CERAMICS RESEARCH ASSOCIATION

BULLETIN
OF THE CERAMICS RESEARCH ASSOCIATION

No. 2 - 3

HAIFA, NOVEMBER 1951

Not for sale

RESEARCH COUNCIL OF ISRAEL
CERAMICS RESEARCH ASSOCIATION

BULLETIN
OF THE CERAMICS RESEARCH ASSOCIATION
No. 2 - 3

HAIFA, NOVEMBER 1951