



גלאי מתכות FORTRESS



גילוי מתכות

השוואה לעומת טכנולוגיית קרני רנטגן

תרגום חופשי של חוברת שפרסמה חברת FORTRESS TECHNOLOGY .

תרגום החוברת אינה מהווה המלצה או הוראות הפעלה למערכת כלשהי

www.fortresstechnology.com

גילוי מתכות – העקרונות בסיסיים

בדיקה באמצעות קרני רנטגן לעומת גילוי מתכות

נושאים שיש לשקול:

- גלאי מתכות נבנים בהתאם ליישום בעוד שכדי להתאים למערכת קרני רנטגן יש לשנות את היישום.
- ביכולתם של גלאי מתכות לטפל בטווחים נרחבים של טמפרטורה, מהירות, מים, אבק וכד' בעוד שמערכות קרני רנטגן אינן עמידות בתנאי סביבה קשים. הן מאוד רגישות לטמפרטורה.
- גלאי מתכות יכולים לגלות כל סוגי המתכת, מערכות קרני רנטגן לא יאתרו מתכות ברמת צפיפות נמוכה.
- בשני סוגי המערכות מתקיימת "גישת הזיהום" אך במערכת רנטגן מימדי האובייקט צריכים להיות גדולים יותר מאשר הרזולוציה הבסיסית (לרוב מ-0.8 מ"מ עד 1.5 מ"מ בחמרים צפופים).
- הביצוע בכל אחת משתי המערכות עלול לסבול מאפקט המוצר (אם כי בדרכים שונות).
- במרבית היישומים, יכולת הגילוי של מערכות רנטגן מוגבלת למתכות בלבד. לא ניתן לאתר או למצוא במוצר עצמות, זכוכית, פלסטיק וכד'.
- גילוי עצמות בבשר מעובד מגביל את עצמו: לא ניתן להצדיק שעור דחייה של 10-20% בלבד. בנוסף, תכולה גבוהה של תוכן עצמות תגביל את יכולת המערכת לאתר מתכת.
- איתור עצמות הופך לקשה יותר בתעשיית העופות עקב זמן גידול מקוצר של העופות לפני העיבוד (5 שבועות) וכתוצאה, אין הסתיידות של העצמות.
- חייבים לעצור את הייצור כדי לכייל מערכת של קרני רנטגן (פעם עד מספר פעמים במשמרת). הדבר לא נדרש בגלאי מתכות.
- תוספת היוקר האמיתית של מערכות קרני רנטגן במתקנים של ייצור גבוה, עלולה להיות גדולה ביותר מפי 100 מתוספת היוקר של גילוי מתכות.

סיכום מחקר השוואתי של שתי הטכנולוגיות המשמשות לגילוי מזהמים בתעשיית המזון:

מערכות קרני רנטגן

בשנים האחרונות עלתה רמת ההתעניינות בשימוש בטכנולוגיית קרני הרנטגן לבדיקת מוצרי מזון לשם איתור מזהמים זרים. מכשירים אלה היו זמינים במשך עשרות שנים ואינם טכנולוגיה צומחת. למעשה, גילוי קרני הרנטגן מתוארך בשנים האחרונות של המאה ה-19 – מה שהופך את מגלה המתכות ל'עולה חדש' יחסית.

לשם הבנת יכולת של טכנולוגיית הבדיקה באמצעות קרני רנטגן, חשוב להתבונן במושג הבסיס של קרני הרנטגן המסוגלות לחדור עצמים בעלי צפיפות נמוכה אך נחסמים ע"י חמרים בעלי צפיפות גבוהה יותר. חשוב לציין שרק הבדלי הצפיפות ניתנים לאיתור, ואין לבלבל צפיפות עם קשיות. מזהמים רבים העשויים להיות מוגדרים כניתנים בקלות לאיתור באמצעות קרני רנטגן אינם כאלה. מזהמים כגון עץ, פלסטיק, קליפות אגוזים, כלים וכד' אינם ניתנים לאיתור. אפילו איתור של זכוכית, אבנים ועצמות הוא מוגבל במקרים רבים.

כאשר קרני רנטגן עוברות מבעד לחומר פלורוסנטי החומר מאיר: קרני רנטגן בלתי נראות הופכות לאור נראה. ליצירת דימוי אלקטרוני נראה, רצועה פלורוסנטית מקבלת את קרני הרנטגן ואז, רצועת פוטו דיודה הופכת את אנרגיית האור לסיגנל חשמלי. הסיגנל החשמלי לרוב מומר לספרות ואז עובר עיבוד של מערכת מחשב. בבסיסם, מכשירים אלה הם גלאי צפיפות וככאלה יש לבחון מה הם יכולים ומה אינם יכולים לאתר:

המזהם	האם ניתן לאיתור באמצעות קרני רנטגן
מתכת	כן: ברזל ופלדת אלחלד (מתכות צפופות) לא: מתכות בעלות צפיפות נמוכה (אלומיניום וכד')
זכוכית	סוג מסוים: אריזות זכוכית בתכולת עופרת נמוכה וצפיפות קלה לא ניתנות לאיתור
אבן	כדוגמת הזכוכית, מזהמי אבן שונים מאוד בצפיפותם – התוצאה היא שניתן לפגוע או להחטיא בגילוי
פלסטיק	לא. במוצרים אמיתיים אין אפשרות לגלות פלסטיק
עץ	לא, וכנ"ל לגבי נוצות, חבל, ציפורניים, שיער, חרצני פרי וכד'.
עצמות*	באופן חלקי. בבקר, בבשר חזיר - באופן סביר. בעופות – הגילוי לא אמין.

*לגילוי עצמות תכונות ייחודיות. כאשר ניתן להשתמש בגילוי עצמות (בקר ובשר חזיר) המצאות חלקי העצם גבוהה מאוד. גם אם גילוי עצמות אפשרי בעזרת מערכת קרני רנטגן, כמות העצם הרבה לעתים מביאה לפסילה בשיעור של 10-20% מן הייצור. במרבית המקרים זהו אחוז גבוה מכדי שייחשב קביל. המצאות חלקי עצם יכולה גם להגביל את יכולתה של מערכת קרני רנטגן לאיתור מתכת כיוון שאין ביכולתה להבחין בהבדל בין עצמות למתכת.

שיקולים נוספים:

בטיחות

הצבור הרחב, לרוב מודע לעובדה שקרני הרנטגן מסוכנות במהותן. חשיפה ממושכת או חזקה מציבה סכנת בריאות חמורה. מכשירי קרני רנטגן מודרניים מתוכננים להגן על המפעילים מחשיפה מסוכנת לקרני הרנטגן וקיימים לכך תקנים שפורסמו ע"י גופים כגון מינהל המזון האמריקני. רשויות מקומיות לעתים דורשות לבדוק ולאשר מכשירים מותקנים. משתמש הקצה צריך להיזהר ולוודא התאמה לכל הקודים והתקנות. כבר היו אירועים עם עובדים שסירבו לעבוד במקום בו מותקן מכשיר קרני רנטגן ואפילו מקרה בו ספק מפורסם שלח מכשיר למינהל המזון האמריקני, לשימושם, והמכשיר נמצא בלתי מתאים בחמישה אזורים שונים. כל מי ששוקל רכישת מכשיר קרני רנטגן חייב להכיר את תקנות מינהל המזון האמריקני, תקנות המדינה ותקנות מקומיות הנוגעות לציוד מסוג זה. אין להסתמך על הבטחות היצרן בלבד וחייבים לקבל את כל

האישורים וההתחייבויות לבטיחות בכתב. יש לשים לב במיוחד לתקנות מינהל המזון הקובעות ששום חלק מגוף האדם לא יגיע לקרן הרנטגן העיקרית. מרבית מערכות הרנטגן הזולות קוצרו כדי לצמצם עלויות ועלויות להפר הנחייה זאת. מעבר לקרינה, מערכות קרני רנטגן עלולות להיות מסוכנות מאוד. אספקת החשמל הפנימית לשפופרת הרנטגן יוצרת הספק הגבוה מ-50,000 וולט. חשיפה כזאת היא קטלנית באופן מידי. עקב הסיבות שצוינו לעיל, לא מומלץ שמישהו שאינו נציג מאומן מטעם הספק יבצע עבודה או שינויים במכשיר קרני רנטגן.

יישום:

יישום טכנולוגית קרני הרנטגן בפעילויות מזון מוגבלת למספר אזורי מפתח:

- **גודל:** מידות המפתח של מכשירים מוזלים לרוב מוגבלות לבדיקת מוצרים הקטנים מגובה של 4" (100 מ"מ) ומרוחב של 10" (254 מ"מ). מידות גדולות יותר זמינות אך בעלויות ובמידות גבוהות פי כמה.
- **מהירות:** מכונות עכשוויות מוגבלות למהירויות סרט של פחות מ-150fpm.
- **חלל:** מכשירים בעלי פורמט מוקטן ומחירים נמוכים זמינים באורך של פחות מ-6ft אך יש לשים לב לנושאי הבטיחות שצוינו.
- **סביבה:** שוב, מערכות זולות מיועדות לסביבה של טמפרטורת חדר יבש. סוג זה של טכנולוגיה אינו מתאים לאבק, לחות, עיבוי או מקומות חמים. ענייני תחזוקה יעלו במידה רבה במקום לא אידיאלי.

מערכות קרני רנטגן זולות:

עלות הציוד:

ברור שעלות מכשירי רנטגן קטנים, זולים בעלי מפתח מוגבל הפכה להיות תחרותית מאוד. גרסאות מוקדמות עלו למעלה מ-150,000 דולר אך כעת המכשירים זמינים בסביבות 40,000 דולר. מכשירים אלה בעלי עוצמה נמוכה יותר, יחידות יישום מוגבלות וזמינים ממספר ספקים במפתח מוגבל של 5" X 10" (גודל מוצר – 4" X 8").

בעוד שמרבית הציוד האלקטרוני השתכלל בביצוע וירד במחיר בשנים האחרונות, הרכיבים העיקריים של מערכות הרנטגן לא הרוויחו ממגמה זאת. עלויות של שפופרות הרנטגן, ספקי הכוח החזקים ומערכי הגילוי נשארו, למעשה, קבועים - או עלו. אלה רכיבים מאוד מסוימים ורק חלקי המחשב של מערכות אלה למעשה ירדו במחירן.

עלות הבעלות:

כדי להפוך את הטכנולוגיה לאטרקטיבית, נאלצו היצרנים "לצמצם את ההוצאות השוליות" לרמות נמוכות ביותר. אך הם גילו, כי ההיבט של חלקי חילוף, שירות ותמיכה של מכשירים אלה, מתגמל למדי. משום הסכנה הטבועה בעצם הטכנולוגיה, אין סיכוי כמעט שמשתמש הקצה יבצע אפילו תיקון קטן או פעולת תחזוקה. נוסף לכך את העובדה, שלחלקים העיקריים של המכשיר יש תוחלת חיים קצרה יחסית ונגלה שעלות תחזוקת מערכות בדיקה רנטגניות היא גבוהה ביותר – לעתים יותר מעלות המכשיר במשך 4 שנים ולרוב עלותה הממוצעת גבוהה מ-5,000 דולר לשנת תמיכה.

העלות העיקרית למכשיר מבוסס רנטגן עשויה להיות באבדן ייצור עקב דרישות כיוול של המכשיר. התגובה של מערך הגילוי של הדיודה משתנה עם הטמפרטורה ויש לבצע כיוול על בסיס קבוע. בהתאם לתנאי המוצר והסביבה, ייתכן כי הדבר יידרש כל 3 או 4 שעות. בעת הכיוול לא ניתן להריץ מוצרים וכתוצאה, ייתכן אובדן של 20-30 דקות בכל משמרת. עלות הזמן האבוד תלויה בגורמים רבים אך עלולה להגיע בשנה מ – 100,000 דולר עד ללמעלה מ-1,000,000 דולר לשנה.

בנוסף, יש לציין כי עלות בדיקות הביצוע (מידי שעה) ובדיקות הקרינה (מידי יום) יחד עם ביצוע רישום, היא גבוהה למדי. אפילו השלכת המכשיר לאחר תפוגתו עלולה להיות יקרה והנכונות של סוחר ציוד משומש לקחת אחריות נמוכה.

הטבלה שלהלן מציגה עלות השוואתית של המערכות ביישומים מעשיים. חישובי בסיס אלה מוצגים כדי לאפשר ליישומים אחרים לשלב עלויות לשם השוואה.

השוואת עלויות בעלות	מערכת קרני רנטגן	מערכת קרני רנטגן	מערכת גלאי מתכות
סוג/ גודל	מפתח בינוני (18X"5")	עלות נמוכה, מפתח קטן (10X"5")	כל גודל
עלויות רכישה	85,000.00 דולר	40,000.00 דולר	15,000.00 דולר
התקנה ראשונית ותמיכה	2,000.00 דולר	2,000.00 דולר	-
בדיקות שגרתיות, כיוול, בדיקות בטיחות (ע"י משתמש קצה)*	37,500.00 דולר	37,500.00 דולר	9,375.00 דולר
אבדן ייצור עקב זמן כיוול**	6,250,000.00 דולר	6,250,000.00 דולר	-
עלות חלקים במשך 5 שנים (הערכה)	20,000.00 דולר	15,000.00 דולר	1,000.00 דולר
עבודות שירות ונסיעות במהלך 5 שנים (הערכה)	6,000.00 דולר	6,000.00 דולר	-
סה"כ עלות במהלך 5 שנים	6,400,000.00 דולר	6,350,500.00 דולר	25,375.00 דולר

השוואת עלויות בעלות	מערכת קרני רנטגן	מערכת קרני רנטגן	מערכת גלאי מתכות
בסיס החישוב:			
*הערכת שימוש \$30 לשעה, מערכת קרני רנטגן 1 שעה ליום ¼ שעה ליום 250 יום למשך 5 שנים			
זמן הפעלה ביום (שעות)	1	1	0.25
ימי הפעלה במשך שנה	250	250	250
מספר שנים	5	5	5
סיכום ביניים	37,500	37,500	9,375
**הפסקת ייצור בעת כיוול מכשיר קרני רנטגן, הערכה של הפסד 5,000 דולר/שעה, 250 יום בשנה, למשך 5 שנים			
משך ליום (שעות)	1	1	לא ישים
ימי הפעלה בשנה	250	250	
הערכת הפסד קו לשעה	5,000	5,000	
שנים	5	5	
סיכום ביניים	6,250	6,250	0

לסיכום:

בתעשיית המזון, קיימים יישומים טובים מאוד למכשירי בדיקה באמצעות קרני רנטגן – לדוגמא, מוצרים ארוזים ביריעות אלומיניום או מגשי אלומיניום. אולם ככלל, מערכות בדיקה בקרני רנטגן לא יגיעו לביצועים טובים מאלה של גלאי מתכות טוב, בגילוי כל סוגי המתכות. בנוסף, איתור של חומרים אחרים מוגבל מאוד או שאיננו קיים.

בעלויות הבעלות בלבד ניתן לרכוש מספר מערכות לגלוי מתכות מידי שנה, מבלי להתחשב בשאלות בטיחות פוטנציאליות.

כל מי ששקול לרכוש או להשתמש במערכת קרני רנטגן, חייב לשקול תקנות, בטיחות ועלויות הפעלה לטווח ארוך וכן בדיקה של הרווח שהמערכת יכולה להציע לו במונחים של גילוי אמיתי ובמונחי הגנה על המוצר.

בביצוע הערכת זיהום למוצר כלשהו, הכוללת רק את המזהמים הניתנים לגילוי בטכנולוגיה כלשהי, מתכת בוודאי תהיה במקום הגבוה ביותר ברשימה. בהשוואת עלות-תועלת של מערכות קרני רנטגן לעומת גלאי מתכות ברמה גבוהה, יהיה קשה למצוא יישומים שיצדיקו השקעה בקרני רנטגן. בנוסף, תנאי יישום רבים אופייניים לתעשיית המזון, אינם מתאימים לטכנולוגיית קרני הרנטגן. לחות, עיבוי, אבק, תנודתיות גדולה של טמפרטורה, מהירויות וגודל מוצר - כל אלה יגבילו באופן חמור את יעילותם של מכשירי קרני הרנטגן.