

למרות שמסורתית כרסום חו"מ נעשה ביבש, טכנולוגיית קירור חדשה ברטוב הולכת ומוכחת (ע"פ דוברי המעבדה) כמונעת הפרדות, מאריכה את אורך חיי כלי החיתוך ומקטינה את בעיות הבריאות הסביבתית.

אופיים של בני האנוש מוביל אותם לחקור ולחצות גבולות ולהגיע לשיאים חדשים כמו לרוץ 100 מטר יותר מהר מאי פעם, לשייט רחוק יותר בחלל ולגלות עולמות חדשים. מהירות יכולה להיות סוג של התמכרות. לטיפוס הרים והליכה מהירה גמול משלכם, בדיוק כמו של CFRP תפקיד מרכזי לספק מהירות עבור יושמים שונים כפונקציה של משקלו הנמוך. זה לא מפתיע שה-CFRP משמש בתעופה, במרוצי מכוניות, ובאופניים שהם קצה הדרך הטכנולוגית. ה- BUGATTI CHIRON עשוי כגוף בשלמותו מ CFRP בנוסף למריכיבים נוספים שמורידים את משקלו ומאפשרים לו לגעת במהירות נסיעה של 400 קמ"ש.

כאשר חלקי מתכת ניתן לנקב ולכופף בשניות בודדות, את חלקי CFRP יקח דקות ארוכות ללווח ולאפות (CURE). בנוסף ההשלמה של כרסום וקידוח שזמנה לא קצר תוביל למחיר מוצר גבוהה. אחד מחוקי המשחק הבסיסים בכרסום וקידוח ה- CFRP הוא שנוזלי הקירור המסורתיים במיוחד אלו על בסיס הפטרולים אסורים לשימוש. האיסור מבוסס על המחשבה שנוזל קירור כזה יכול לפגוע בתכונות המכניות ובתהליך איטום הקצוות של המטצר הסופי. אי לכך מסורתית הכרסום נעשה על יבש לחלוטין.

גם בחברת Capricorn הממוקמת בדיסלדורף שעיקר עיסוקה ייצור חלקים מחו"מ בתצורות שונות לתעשיית הרכב היוקרתית והתחרותי קיימו שגרה של כרסום יבש או השתמשו במסורה ב MQL עד לפני כשנה.



הרכישה האחרונה שלהם של מכונת גנטרי בחברת צימרמן מטיפוס – 33FZ הובילה את המהלך לתחילת הכרסום הרטוב. שת"פ עם יצרן נוזלי הקירור Rhenus Lab הביא לבחינת נוזלי הקירור ע"י חברת Capricorn בתהליך כרסום של חו"מ. בסופו של דבר לטענתם השתפרה איכות המוצר, הוקטן זמן השיבוב והקידוח, נצפתה ירידה בעלויות הישירות ונצפה שיפור בטיחותי למפעילי המכונות.

מבוסס על פרי מחקר וניסויים במעבדת Rhenus עם GAC המכון הגרמני לתעופה

<http://www.rhenuslub.de/en>



October 1, 2017



הקטנת סיכוני הבריאות

האבק שמשחרר בתהליך הכרסום של CFRP הוא מקור לדאגה. לשאיפה של אבק זה בכמות גדולה יש אפקט שלילי על בריאות העובדים בסביבת העבודה. למנוע נזקים אפשריים העובדים מחוייבים להשתמש במסכות פנים עם פילטריה במקום עבודתם. ציוד יעיל לסינון סיבי הגרפיט הוא יקר, אך הכרחי לספק הגנה ראויה לעובדים. סיבי הגרפיט גם בעיתיים "לבריאות" המכונה בהיותם אבקה מוליכת חשמל שיכולה להשפיע על מכללים אלקטרוניים ועל הספינדל. השימוש בנוזלי קירור מדביק ומאחד את האבקה, משפר את תנאי הבטיחות והגהות ומאפשר תהליך טוב יותר מכרסום יבש.

(הערה שלי: עד היום קיים ויכוח עקרוני בין המצצדים למתנגדים בגלל נזקי נוזל הקירור למכונה, בעיקר קורוזיה/הצורך להפריד את האבקה מהנוזל בפילטריה מיוחדת עם תהליך פריפריאלי יקר/ ועוד נימוקים). אחת החוזקות שמציניים אנשי Capricorn היא שתכונות השטיפה משאירים גם את המכונה נקיה יותר? הבשורה הגדולה היא למפעילים שהסיכון שלהם בהפעלה פוחת עקב כך שהאבקה כולה במקום להתפזר **(זה קורה כאשר לא שואבים...)** נדבקת לנוזל. כמובן שניתן לפתוח מיידית את המכונה ולא לחכות להתפזרות האבקה **(הערה שלי: בעבודה יבשה עם שאיבה אפקטיבית מהספינדל 95% בעיית האבק לא רלוונטית).**

מבוסס על פרי מחקר וניסויים במעבדת Rhenus עם GAC המכון הגרמני לתעופה

<http://www.rhenuslub.de/en>

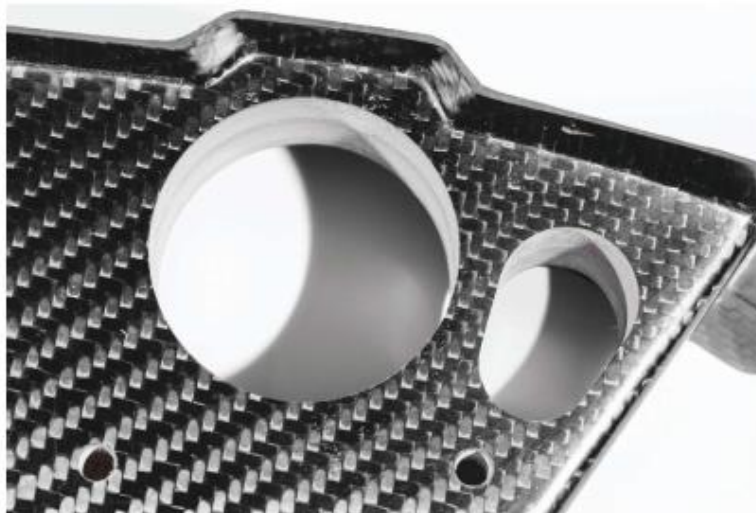


בעיות בכרסום יבש

היות וסיבי פחמן מאופיינים כבעלי חוזק גבוהה, קשה מאד לכרסם אותם וכאשר עושים זאת ביבש המוליכות הגרועה שלהם מחייבת מהירות כרסום איטית על מנת לתחזק את שווי המשקל בין היווצרות החום וסילוקו. בנוסף ל CFRP יש נטיה להפרדת שכבות (דלמינציה) ביציאות מהחורים למרות הקפדה על מהירות וקדמה נמוכים בהשוואה לפרמטרים אפשריים במהלך של עבודה רטובה. כלי החיתוך נתונים בלחץ רב גם כן. הסיבים האברזיביים של ה CFRP גורמים לכלי החיתוך והקידוח להשחק במהירות ולשנות את הגיאומטריה שלהם. על מנת להתגבר על השחיקה המסיבית נוטים להשתמש בכלים עם תוספות יהלום (בתצורות שונות פוליקריסטלין, מצופי יהלום או VCD) פעולה שיש לה אפקט כלכלי משמעותי לתהליך.

איכות המוצר והחורים גם ב STACKUP של CFRP וטיטניום שהופכים לפופולריים מאד במבנים מוטסים חשובה לא פחות ומצריכה לשפר את אורך חיי כלי החיתוך יחד עם הקטנה של עבודה משלימה לניקוי השטח המעובד שתביא לשיפור בייצוריות וקיצור הזמן של ה WASTE, כמובן שמקל הייצור בכללתו יתקצר משמעותית כתוצאה מכך.

ב- CAPRICORN מבטיחים שתהליך הכרסום הרטוב יהיה משתלם ואפקטיבי. לטענתם אורך חיי הכלי יתארך עד פי 6 מאשר בכרסום יבש. זה כשלעצמו יוצר פוטנציאל חסכון משמעותי ביותר, בנוסף לזמן התהליך שיתקצר ויתוסף לתועלות.



Quality improvements when using coolants for hole-making operations in CFRP are obvious: No delamination (as shown in the top image) means better quality and the elimination of costly post-processing operations. (Courtesy Capricorn)

ללא נוזל קירור היה נדרש לבצע מספר מהלכים גסים וסופיים על מנת לקבל שטח כרסום טוב ותהליך אופטימלי. בכרסום רטוב ניתן לדלג על המהלכים ולבצע מהלך אחד גס ואחד סופי. אם כך, מדוע כרסום יבש הוא עדיין תהליך קומונלי כאשר זמן הכרסום, אורך חיי הכלי והאיכות יכולים להשתפר דרמטית בשימוש בנוזל קירור? מהנדסי CARPICORN רואים את הסיבה העיקרית לכך בהעדר מחקר מתאים ומקיף כולל ניסיונות בשטח שמבטיח שהכרסום הרטוב אינו מפחית ומוריד את התכונות המכניות של החומר המעובד.

מבוסס על פרי מחקר וניסויים במעבדת Rhenus עם GAC המכון הגרמני לתעופה

<http://www.rhenuslub.de/en>





נוזלי קירור שתוכננו ל FRP (Fiber Reinforced Plastics)

על מנת להבין את היתרונות של הכרסום הרטוב מעבדת RHENUS פיתחו נוזלי קירור ספציפית לתהליכי כרסום ברי קיימא של FRP , הם בחנו את הכרסום של CFRP עם נוזלי קירור לפרק זמן ואיחדו כוחות וידע עם שותפים אקדמיים נוספים בפרוייקט הפיתוח על מנת לייצור סינרגיה שתביא אותם לתוצאות הרצויות. המוצרים הראשונים שפותחו במלואם היו נוזלי קירור בשם :

Rhenus XT46FC | Rhenus XY90 FC . הראשון מבוסס על נוסחא סינטטית מסיס במים שתוכנן במיוחד ל CFRP | GFRP . המוצר XT46 הוא נוזל קירור מימי שניתן לשימוש גם לחו"מ ולמוצרים היברידיים (STACKS) העשויים אלומיניום טיטניום ופלדה.

בעקבות הניסויים התעשייתיים של RHENUS בשימוש נוזל קירור בכרסום CFRP | GFRP מסתמנת השפעה חיובית על איכות החתך והחור, עלות לחור, עלות התהליך ועלות ה WASTE גם כן.

מדד הניסויים התעשייתיים בשטח מראה על תוצאות חיוביות

הניסויים המעשיים בשדה התעשייתי חושפים את היתרונות הכרסום הרטוב של CFRP על הכרסום היבש כמוראה בטבלה 1. מטה :

| Tool | Cutting Data Without Coolant | Cutting Data With Coolant | Without Coolant | With Coolant |
|--|------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Solid Carbide Milling Cutter Pyramid Profile (Ø 6 mm) | 8,500 rpm 1,200 mm/min | 13,500 rpm 2,000 mm/min | 6 Parts 42 min. | 40 Parts 150 min. |
| Solid Carbide Milling Cutter (Ø 4.8 mm) | 7,600 1/min 700 mm/min | 7,600 rpm 700 mm/min | 10 Parts 1.7 min. | 40 Parts 6.8 min. |

שימוש בנוזל קירור יכול להאריך את חיי הכלי עד פי ארבעה ואת הקדמה ניתן להגדיל בכ-60% יחסית לכרסום היבש.

מבוסס על פרי מחקר וניסויים במעבדת Rhenus עם GAC המכון הגרמני לתעופה

<http://www.rhenuslub.de/en>



נוזלי הקירור המיוחדים יודעים להפריד היטב את החום מהתהליך בנוסף ללובריקציה מצויינת משפרים את הכרסום היבש בצורה בלתי נתפסת.

הכרסום והדיוק במידות משתפרים גם כן אם השימוש בנוזלי הקירור המיוחדים כפי שניתן לראות בתרשים 2.:

October 1, 2017

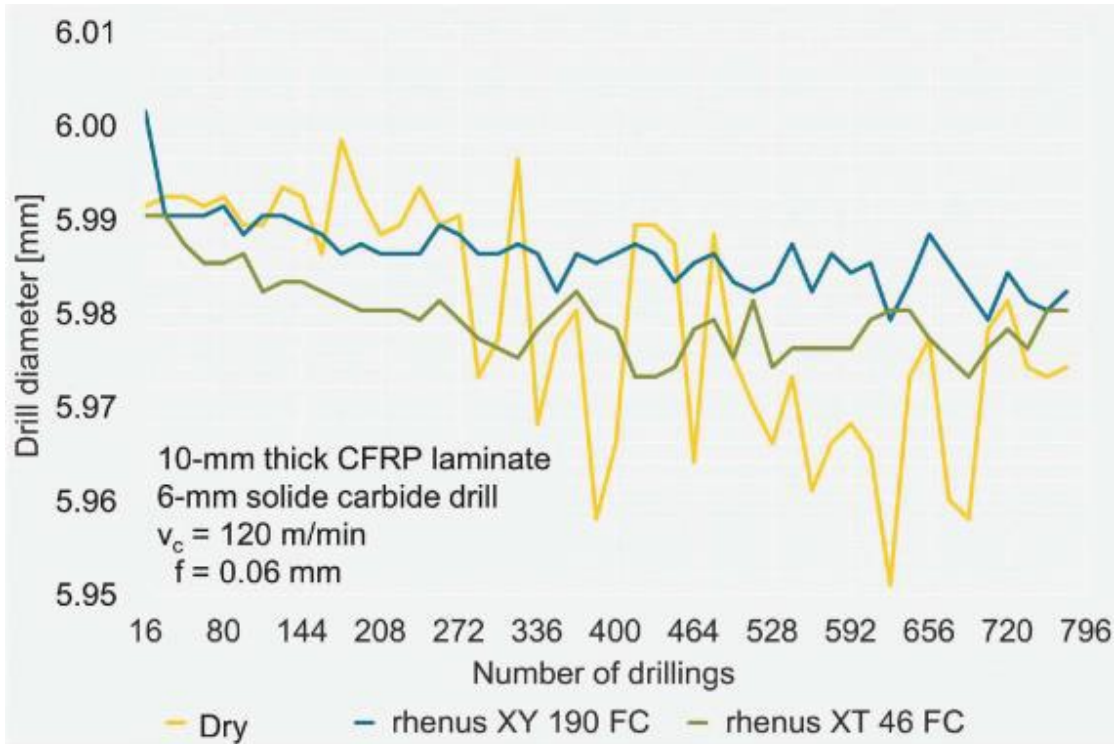
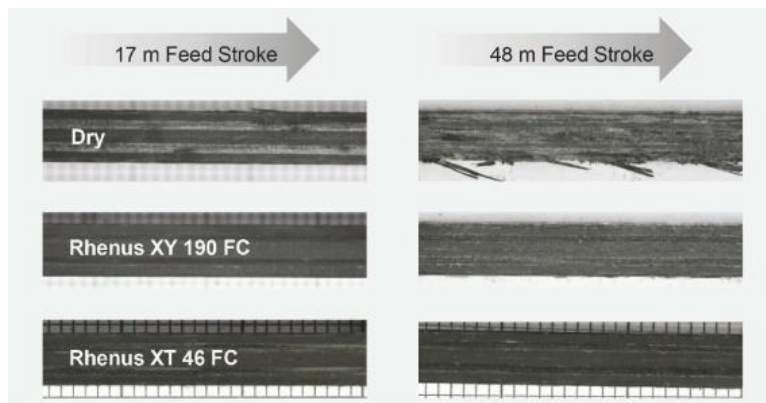


Figure 2: Machining accuracy of CFRP drilling operations. (Courtesy Rhenus Lub)

הניסויים מראים שהקירור הנוזלי משפר את איכות החיתוך בהשוואה לכרסום יבש ויציבות המידות באופן תדיר נופלות בתוך הטולרנסים.

מעבדת RHENUS עשו גם ניסויים להראות איך טיב השטח משתפר בכרסום עם נוזלי קירור המיוחדים, אפשר לראות ויזואלית בתרשים 3.:



מבוסס על פרי מחקר וניסויים במעבדת Rhenus עם GAC המכון הגרמני לתעופה <http://www.rhenuslub.de/en>



אחרי כרסום יבש של 48 מטר התרחשה הפרדה הראשונה, מאידך הנוזלים של RHENUS עזרו למנוע הפרדות ובכך להקטין פעולות תיקון מאוחרות יותר ויקרות. יותר מכך, האינטראקציה בין נוזל הקירור ל CFRP נלמדו בסדרת ניסויים יחד עם מרכז התעופה הגרמני GAC, ובחנו את המקרה הגרוע (WORST CASE) כאשר טבלו את ה CFRP בנוזל הקירור לשבוע שלם בתנאי טמפרטורה בין 50°C - 60°C (צלסיוס, התוצאות היו טובות (לא מפורט מה הן היו) אך נאמר שהזמן הקצר של המגע בין נוזל הקירור ל CFRP בזמן התהליך לא יביא לשינוי בתכונות המכניות של CFRP, ולא יהיו סימני חדירת נוזל קירור לתוך מרקם החומר המרוכב.

לאנשי המעבדה לפחות ברור שבעתיד לא תהיה חלופה לשימוש בנוזלי קירור (הערה שלי: במקביל מתפתח הקירור בהתזה מזורזפת של MQL שתכונות הנדיפות שלו מאפשרות קירור אפקטיבי מאד ללא מוצרי לוואי כלל, זו הדרך השלישית בין הרטוב ליבש?).

CAPRICORN מציינים שלא תהיה אלטרנטיבה אחרת למעט כרסום רטוב ברבים מהחלקים שהם מייצרים (כיום לתעשיית הרכב), השימוש בנוזל קירור הופך את השיבוב של חומרים היברדיים לקלים הרבה יותר. ההישג החשוב ביותר לטענתם הוא לא בשינויים בפרמטרי העיבוד אלא בהשגת שיפור איכותי משמעותי ונראה לעין. "הסיבים לא נקרעים כפי שזה היה בעבר" סוף ציטוט.

הערה אישית לגמרי:

הגבינה זזה כל הזמן ומהר ונותר רק לחכות ולראות מתי נוזלי הקירור הללו יופיעו באירוספייס, וכלם יעברו לשם או לא... ?? (לא צוין במחקר מה עלות המוצר המומלצת ולא הוצג MSDS). שימוש במכונות רטובות עם מפריד אבקה יעיל ואפקטיבי מייקר אותן משמעותית בהשוואה למכונות יבשות עם שאיבה אפקטיבית.....

