

SSAB

Cięcie termiczne Hardox i Strenx

Cięcie Hardox i Strenx

Trudnościeralna blacha Hardox® oraz stal Strenx™ o wysokiej wytrzymałości to maksymalnie czyste stale. Ta cecha wraz z małą zawartością pierwiastków stopowych sprawia, że cięcie stali jest bardzo proste. Hardox i Strenx mogą być cięte przy użyciu wszystkich metod cięcia termicznego, w tym cięcia tlenem, plazmą oraz laserem. Jest też oczywiście możliwe korzystanie z procesów cięcia na zimno.

Zalecenia w karcie Tech Support #16 dotyczą głównie procesów cięcia termicznego i podzielone są na podrozdziały, np. cięcie tlenem, cięcie plazmą oraz cięcie laserem.

Metody cięcia na zimno, przycinania i wybijania otworów ograniczone są do bardziej miękkich gatunków Hardox (400 i 450) oraz wszystkich gatunków Strenx o umiarkowanych grubościach. Cięcie strumieniem wodno-ściernym (AWJ) to metoda cięcia na zimno, która umożliwia cięcie wszystkich gatunków stali Hardox i Strenx bez względu na ich grubość.



RYSUNEK 1. Od góry, od lewej strony: cięcie tlenem, cięcie plazmą, cięcie laserem, cięcie AWJ

Cięcie termiczne Hardox i Strenx jest tak proste jak cięcie zwykłej stali miękkiej. Jeśli chodzi o sam proces cięcia, często nawet łatwiej jest ciąć stale Hardox i Strenx niż stal miękką ze względu na czystość stali. Niemniej jednak cięcie grubych blach Hardox wymaga szczególnej uwagi w związku z ryzykiem pęknięcia ciętych krawędzi. Ponieważ Strenx i Hardox należą do rodziny stali ulepszanych cieplnie (QT), reagują na cięcie termiczne inaczej od np. stali miękkiej. Stale QT są podatne na zmiękczenie spowodowane cięciem termicznym, a niektóre z nich narażone są na pęknięcie krawędzi cięcia. Jeśli przestrzegane są zalecenia i wskazówki podane poniżej, stale Hardox i Strenx można ciąć termicznie przy użyciu zwykłego sprzętu. Dodatkowe informacje znaleźć można w podręczniku dotyczącym spawania *Welding Handbook* wydawanym przez SSAB.

Pęknięcie krawędzi cięcia

Pęknięcie krawędzi cięcia to zjawisko związane ściśle z pękaniem wodorowym spoin i zachodzi przy stosowaniu metod cięcia termicznego. Jeśli powstanie pęknięcie przy krawędzi cięcia, stanie się ono widoczne w przedziale od 48 godzin aż do nawet kilku tygodni po cięciu. Dlatego też pęknięcie krawędzi cięcia można nazwać pękaniem opóźnionym. Ryzyko pęknięć wzrasta wraz ze zwiększaniem się twardości stali i grubości blachy. Poniżej opisano, w jaki sposób można zmniejszyć ryzyko pęknięcia krawędzi cięcia.

Pęknięcie krawędzi cięcia związane jest ściśle z zawartością wodoru oraz naprężeniami szczątkowymi występującymi w stali. Z tego względu istotne jest, by zmniejszyć zawartość wodoru i naprężenia szczątkowe, korzystając z różnych sposobów, takich jak:

1. Wstępne podgrzewanie blachy
2. Podgrzewanie po cięciu
3. Obniżenie prędkości cięcia
4. Połączenie wstępnego podgrzewania, podgrzewania po cięciu oraz obniżonej prędkości cięcia z wydłużonym procesem chłodzenia HAZ

Wstępne podgrzewanie blachy

Jednym ze sposobów na uniknięcie pęknięcia wodorowego podczas cięcia jest wstępne podgrzanie materiału i cięcia, gdy materiał jest ciepły. Wstępne podgrzewanie jest zalecane przed cięciem tlenem oraz cięciem plazmą z tlenem jako gazem plazmowym.

Jeśli chodzi o wszystkie rodzaje cięcia laserem i plazmą z azotem, nie zaleca się wstępnego podgrzewania ze względu na negatywny wpływ na jakość ciętej krawędzi.

W zależności od sytuacji, podgrzać można dowolną część blachy lub całą blachę. Można to zrobić z wykorzystaniem:

- pieca grzewczego
- palników do podgrzewania wstępnego
- mat elektrycznych

Podgrzewanie w piecach stanowi najlepszą metodę, gdyż zapewnia równomierną temperaturę całej blachy. Do podgrzewania blach Hardox i Strenx można też stosować palniki – patrz **zdjęcie 3**. Ważne jest, by palniki były w ruchu tak, aby temperatura blach nie przekraczała maksymalnej temperatury podgrzania. Temperatura podgrzania mierzona jest po przeciwnej stronie miejsca, w którym zastosowano procedurę podgrzewania wstępnego.

Zastosowanie mat elektrycznych to metoda powolnego podgrzewania, dlatego też, by podgrzać blachę do temperatury 150-200 °C, dobrze jest podgrzewać ją w nocy i zacząć cięcie następnego dnia rano.

Podgrzewanie po cięciu

Podgrzewanie po cięciu to najbardziej niezawodny sposób na uniknięcie pęknięcia krawędzi cięcia. Można je wykonać w piecu lub przy użyciu palników. Najprostszym sposobem jest użycie palników, gdyż są one powszechnie stosowane w branży w przeciwieństwie do pieców. Ważne jest, by proces podgrzewania po cięciu miał miejsce najszybciej jak to możliwe po cięciu danego elementu. Maksymalny odstęp czasu między początkiem cięcia a początkiem procedury podgrzewania po cięciu wynosi 30 minut. Duże znaczenie ma to, by nie podgrzać materiału zbyt mocno.

Podczas podgrzewania w piecu temperatura nie powinna przekraczać maksymalnych dozwolonych temperatur podanych w **tabeli 2**, a blachę należy trzymać w piecu dopóki nie osiągnie tej temperatury. W zależności od grubości blachy czas może się różnić, ale ogólna zasada stanowi, że czas podgrzewania po cięciu powinien wynosić co najmniej 5 minut na każdy mm grubości blachy (tj. 50 minut dla blachy o grubości 10 mm).

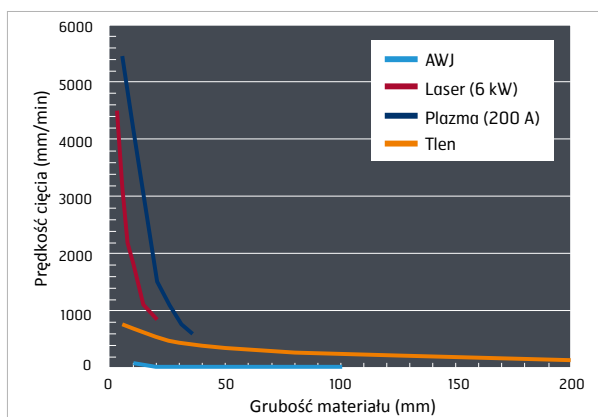
Jeśli stosowane są palniki (**zdjęcie 4**), ważne jest, by nie przegrzać ciętej krawędzi. Jej temperatura nie powinna przekraczać 700 °C. Z reguły podgrzewanie po cięciu przy użyciu palników odbywa się ręcznie

i w takiej sytuacji istotne jest, by wiedzieć, w jaki sposób kontrolować temperaturę. Jeśli patrzymy na kolor ciętej krawędzi bezpośrednio za palnikiem, powinien on zacząć się rumienić (ciemnoczerwony). Jeśli kolor jest jasnowiśniowy lub ciemnopomarańczowy, temperatura jest zbyt wysoka, podgrzewanie po cięciu nie będzie udane i należy je powtórzyć. Jeśli podgrzewanie odbywa się w silnym oświetleniu (na zewnątrz w słońcu), trudniej jest określić temperaturę, dlatego zaleca się, by wykonywać je wewnątrz.

Obniżona prędkość cięcia

Jeśli prędkość cięcia została obniżona, materiał nagrzewa się wokół ciętego frontu, a strefa wpływu ciepła jest szersza. Wpływa to na naprężenia szczątkowe w taki sposób, że obniża się ryzyko pęknięć krawędzi cięcia. Należy mieć na uwadze, że obniżona prędkość cięcia nie jest tak niezawodną metodą jak podgrzewanie wstępne czy po cięciu i powinna być używana tylko zastępczo, jeśli na przykład warsztat nie jest wyposażony w odpowiedni sprzęt do podgrzewania.

Jeśli stosuje się obniżoną prędkość cięcia, ważne jest, by nie przekraczała ona podanej w tym dokumencie, w przeciwnym razie ryzyko pęknięcia wcale się nie zmniejszy.



ZDJĘCIE 2. Prędkość cięcia jako funkcja grubości materiału dla różnych procesów cięcia.

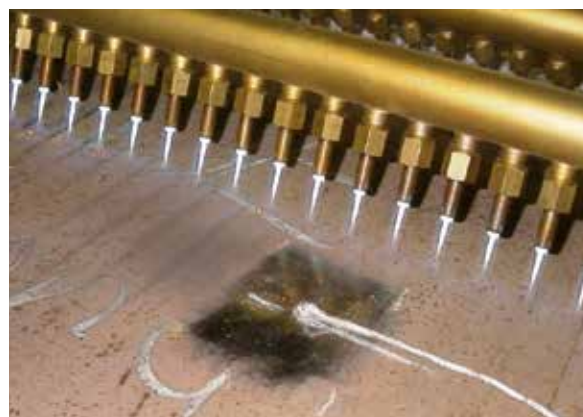
Powolne chłodzenie

Bez względu na to, czy zastosowano podgrzewanie wstępne ciętych elementów, wolne tempo chłodzenia zmniejszy ryzyko pęknięć przy krawędziach cięcia. Powolne chłodzenie ma miejsce po zakończeniu cięcia, gdy wciąż ciepłe elementy zostaną ułożone w stos i przykryte kocem izolacyjnym. Pozwala to na ich powolne schłodzenie się do temperatury pokojowej.

Czynniki zwiększające naprężenia

Ostre narożniki zwiększają naprężenia, a ponieważ pękanie wodorowe ma ścisły związek z naprężeniami szczątkowymi, ostre narożniki zwiększają ryzyko pęknięcia krawędzi cięcia. Dotyczy to wszystkich metod cięcia, zarówno na ciepło, jak i na zimno, jak np. cięcie AWJ. Ryzyko pęknięcia zmniejsza się, jeśli podjęte są następujące działania:

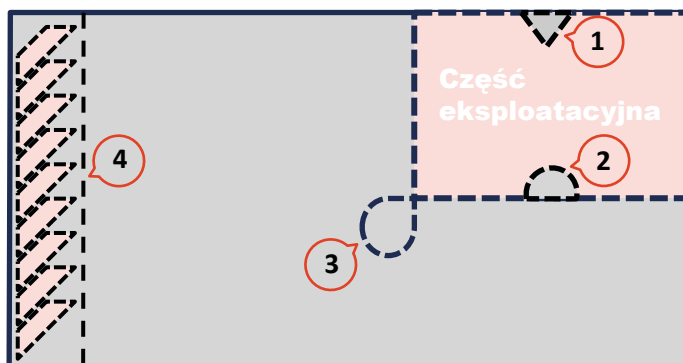
1. W miarę możliwości należy unikać ostrych narożników skierowanych do wewnątrz.
2. W miarę możliwości należy stosować łagodne geometrie.
3. Jeśli nie można uniknąć ostrych narożników, należy wykonać okrągłe pętle wokół narożników skierowanych na zewnątrz.
4. Jeśli cięcie ma być przerwane (np. na noc), należy wykonać czyste cięcie dla usunięcia czynników zwiększających naprężenia.



ZDJĘCIE 3. Palniki do podgrzewania.



ZDJĘCIE 4. Ręczne podgrzewanie po cięciu.



ZDJĘCIE 5. Należy unikać ostrych narożników skierowanych do wewnątrz.

Cięcie tlenem

Hardox i Strenx mogą być łatwo cięte tlenowo. Nie występują w tym przypadku prawie żadne ograniczenia co do grubości materiału, tzn. można ciąć materiał o grubości aż do 1000 mm. Mimo iż można ciąć relatywnie cienkie materiały, zasadnicze grubości sięgają powyżej 20 mm. Ogólne cechy procesu cięcia tlenem przedstawiono w **tabeli 1**. Częstym nieporozumieniem jest to, że do cięcia stali twardej potrzebne jest wyższe ciśnienie tlenu. Ze względu na to, że cięcie tlenem jest procesem termicznym, twardość stali nie ma wpływu na jakość cięcia. Zarówno Hardox, jak i Strenx mają małą zawartość pierwiastków stopowych, co razem z czystością stali czyni je łatwymi do cięcia.

Hardox

Wstępne podgrzewanie

Zalecenia dotyczące wstępnego podgrzewania przed cięciem tlenem znajdują się w **tabeli 2**.

Podgrzewanie po cięciu

Jak wspomniano w części poświęconej pękaniu krawędzi cięcia, preferowane jest podgrzewanie krawędzi po cięciu w celu zminimalizowania ryzyka jej pęknięcia. W przypadku podgrzewania po cięciu w piecu, należy stosować temperatury (maksymalne) podane w **tabeli 2**. Należy pozostawić blachę/element w piecu do czasu, gdy temperatura zasadnicza osiągnie dokładną wartość (**tabela 2**).

Jeśli podgrzewanie po cięciu odbywa się przy użyciu palnika, należy upewnić się, że temperatura nie przekracza 700 °C. W praktyce oznacza to, że kolor ciętej krawędzi bezpośrednio za palnikiem powinien być krwistoczerwony lub ciemnowiśniowy – patrz **rysunek 6**.

Ważne jest również, by podgrzewanie po cięciu miało miejsce najszybciej jak to możliwe po ukończeniu cięcia. Maksymalny odstęp czasu między początkiem cięcia a początkiem procedury podgrzewania wtórnego wynosi 30 minut.

Obniżona prędkość cięcia

Jeśli prędkość cięcia została obniżona, materiał nagrzewa się wokół ciętego frontu, a strefa wpływu ciepła jest szersza. Wpływa to na naprężenia szczątkowe w taki sposób, że obniża się ryzyko pęknięć

krawędzi cięcia. Należy mieć na uwadze, że obniżona prędkość cięcia nie jest tak niezawodną metodą jak podgrzewanie wstępne czy po cięciu i powinna być używana tylko zastępczo, jeśli na przykład warsztat nie jest wyposażony w odpowiedni sprzęt do podgrzewania.

Jeśli obniżona prędkość cięcia jest jedynym sposobem zmniejszenia ryzyka pęknięcia, prędkość ta nie powinna przekraczać maksymalnych wartości podanych w **tabeli 3**. Nie należy używać zbyt dużych dysz (tzn. korzystaj z dysz 25-50 mm zamiast 50-100 mm dla blachy o grubości 50 mm).

Aby uzyskać dobrą jakość krawędzi cięcia, należy zmniejszyć ciśnienie tlenu używanego do cięcia. Wielkość, o jaką należy je zmniejszyć, zależy od typu i rozmiaru dyszy. Zawsze po regulacji ciśnienia należy przeprowadzić próbę cięcia, by sprawdzić jakość krawędzi cięcia.

Należy upewnić się, że blacha jest maksymalnie ciepła przed cięciem. W sezonie zimowym blachy powinny być składowane jakiś czas w pomieszczeniu przed rozpoczęciem cięcia.

Strenx

Większość gatunków stali Strenx cechuje się odpowiednio wysoką odpornością na pęknięcie wodorowe i dlatego dodatkowe czynności, takie jak podgrzewanie wstępne, nie są konieczne, by uniknąć pęknięcia krawędzi cięcia. Niemniej jednak podczas cięcia Strenx 700-960 o grubościach powyżej 80 mm oraz Strenx 1100 o grubościach powyżej 30 mm ryzyko pęknięcia krawędzi cięcia rośnie. Można je zmniejszyć poprzez wstępne podgrzewanie blachy, podgrzewanie po cięciu lub powolne cięcie.

Odpowiednia temperatura podgrzewania wstępnego stali Strenx 700-960 wynosi 150 °C, a stali Strenx 1100 trochę poniżej 150 °C. Temperatury podgrzewania wstępnego nie powinny przekroczyć wartości podanych w **tabeli 4**.

Do podgrzewania stali Strenx po cięciu obowiązują zalecenia podane powyżej dla stali Hardox.

W przypadku powolnego cięcia, dla Strenx 700-960 należy zastosować takie same parametry jak dla Hardox HiTuf, a dla Strenx 1100 jak dla Hardox 450.

Metoda cięcia	Szerokość nacięcia	HAZ	Tolerancje wymiarów
Cięcie tlenem	2-5 mm	4-10 mm	± 2.0 mm

TABELA 1. Ogólne własności cięcia tlenem.

Materiał	Maksymalna temperatura podgrzewania wstępnego (°C)
Strenx 700	300
Strenx 900	300
Strenx 960	300
Strenx 1100	150
Strenx 1300	150

TABELA 4. Zalecane maksymalne poziomy temperatur.



RYСУNEK 6. Kolor krawędzi cięcia za palnikiem do podgrzewania po cięciu.

Gatunek	Grubość blachy	Minimalna temperatura podgrzewania wstępnego (°C)	Maksymalna temperatura podgrzewania wstępnego (°C)
Hardox HiTemp	5 – 51 mm	Bez podgrz. wstęp.	500
Hardox HiTuf	< 90 mm ≥ 90 mm	Bez podgrz. wstęp. 100	300
Hardox 400	< 45 mm 45 – 59.9 mm 60 – 80 mm > 80 mm	Bez podgrz. wstęp. 100 150 175	225
Hardox 450	< 40 mm 40 – 49.9 mm 50 – 69.9 mm ≥ 70 mm	Bez podgrz. wstęp. 100 150 175	225
Hardox 500	< 25 mm 25 – 49.9 mm 50 – 59.9 mm ≥ 60 mm	Bez podgrz. wstęp. 100 150 175	225
Hardox 550	< 20 mm 20 – 51 mm > 51 mm	Bez podgrz. wstęp. 150 170	200
Hardox 600	< 12 mm 12 – 65 mm	Bez podgrz. wstęp. 175	180
Hardox Extreme*	8 – 19 mm	100	100

TABELA 2. Temperatury podgrzewania wstępnego dla cięcia tlenem gatunków blach Hardox.

* SSAB zaleca cięcie AWJ. Jeśli dostępne jest wyłącznie cięcie tlenem, należy przestrzegać zaleceń z tabeli 2.

TABELA 3 pokazuje maksymalną prędkość cięcia (mm/min) dla cięcia tlenem bez podgrzewania wstępnego. Samo powolne cięcie nie jest wystarczającą metodą zapobiegania pęknięciom w Hardox Extreme. Jeśli jedyną dostępną metodą jest cięcie tlenem, należy stosować podgrzewanie wstępne oraz podgrzewanie palnikami po cięciu.

Maksymalna grubość blachy	Hardox HiTemp	Hardox HiTuf	Hardox 400	Hardox 450	Hardox 500	Hardox 550	Hardox 600	Hardox Extreme
12 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	**
15 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	300	**
20 mm	Bez ograniczeń	no ograniczeń	no ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	200	**
25 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	300	270	180	
30 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	250	230	150	
35 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	230	190	140	
40 mm	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	Bez ograniczeń	230	200	160	130	
45 mm	Bez ograniczeń	230	230	200	170	140	120	
50 mm	Bez ograniczeń	210	210	180	150	130	110	
60 mm		200	200	170	140	*	*	
70 mm		190	190	160	135	*	*	
80 mm		180	180	150	130			
>80 mm		*	*	*	*			

*Dopuszczalne jest wyłącznie podgrzewanie wstępne. **SSAB zaleca cięcie AWJ.

Cięcie plazmą

Hardox i Strenx mogą być łatwo cięte plazmowo. Obowiązują pewne ograniczenia dotyczące grubości materiału, a zasadnicze grubości poddawane cięciu powinny wynosić poniżej 50 mm (w zależności od maszyny do cięcia plazmą). Ogólne własności cięcia plazmą podano w tabeli 5.

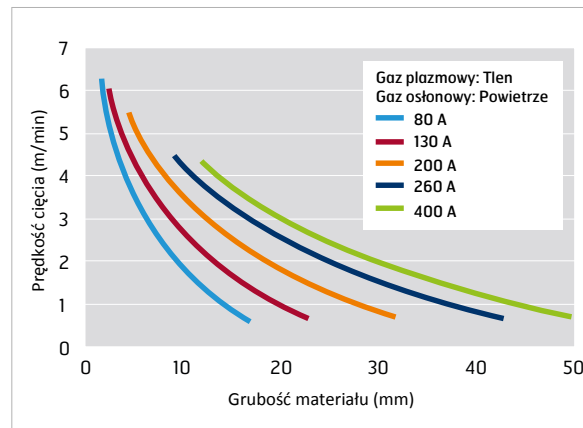
Rysunek 7 przedstawia prędkość spawania jako funkcję grubości materiału oraz mocy dostępnej dla cięcia plazmą.

Hardox i Strenx

Cięcie plazmą blach Hardox i Strenx nie różni się w stosunku do zwykłej stali miękkiej, tj. stosowane są te same parametry procesu. Dla większości gatunków Hardox i Strenx w celu usunięcia wodoru ze strefy HAZ nie jest wymagane podgrzewanie wstępne lub podgrzewanie po cięciu. Hardox 600 i Hardox Extreme muszą być albo podgrzane wstępnie, albo podgrzane po cięciu, aby uniknąć pęknięcia krawędzi cięcia, patrz zalecenia dla cięcia tlenem.

Metoda cięcia	Szerokość nacięcia	HAZ	Tolerancje wymiarów
Cięcie plazmą	2-6.5 mm	2-5 mm	± 1.0 mm

TABELA 5. Ogólne własności cięcia plazmą.



RYSUNEK 7. Ogólne prędkości cięcia dla różnych źródeł mocy plazmy.

Cięcie laserem

Stale Hardox i Strenx można łatwo ciąć laserem przy zastosowaniu parametrów obróbki typowych dla danej grubości materiału. Maksymalna grubość wynosi około 25 mm w zależności od sprzętu do cięcia laserowego. Najbardziej typowe grubości przeznaczone do cięcia laserem wynoszą poniżej 15 mm. Ogólne cechy cięcia laserem przedstawiono w tabeli 6.

Cięcie laserem jest szybsze od cięcia tlenem i pozwala uzyskać wyższą jakość krawędzi cięcia niż w przypadku cięcia plazmą. **Rysunek 8** pokazuje prędkość cięcia jako funkcję grubości materiału i mocy lasera.

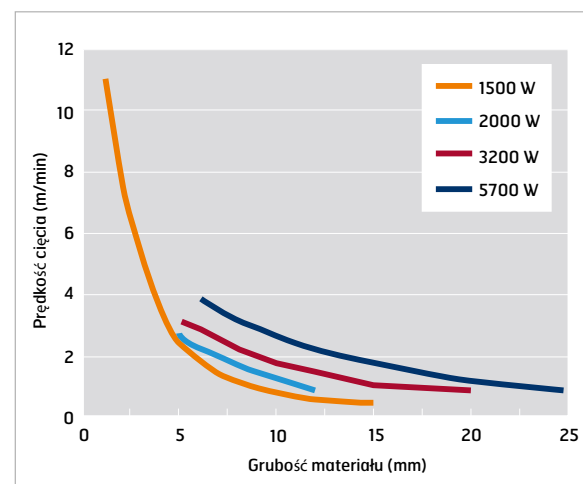
Ze względu na relatywnie małe grubości i mały wpływ termiczny, podczas cięcia laserem gatunków stali Hardox i Strenx nie jest wymagane podgrzewanie wstępne w celu usunięcia wodoru ze strefy wpływu ciepła HAZ. Podgrzewanie wstępne ma natomiast szkodliwy wpływ na jakość krawędzi cięcia.

Hardox i Strenx

Cięcie laserem blach Hardox i Strenx nie różni się w stosunku do zwykłej stali miękkiej, tj. stosowane są te same parametry procesu. Farba zmniejsza prędkość cięcia, ale można ten problem rozwiązać, odparowując najpierw farbę, a dopiero następnie zacząć ciąć kontur z pełną prędkością.

Metoda cięcia	Szerokość nacięcia	HAZ	Tolerancje wymiarów
Cięcie laserem	< 1 mm	0.2-2 mm	± 0.2 mm

TABELA 6. Ogólne własności cięcia laserem.



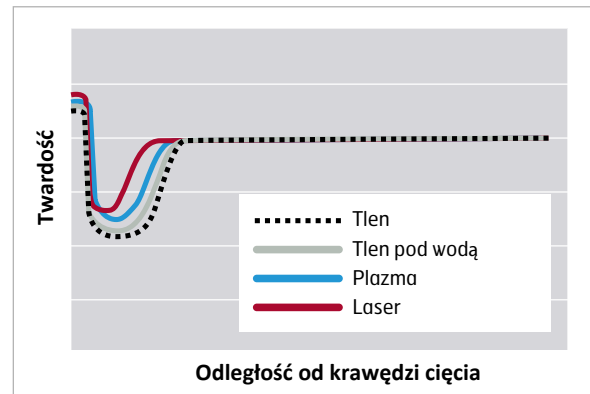
RYSUNEK 8. Prędkości cięcia laserem.

Twierdzość w strefie HAZ

Właściwości strefy wpływu ciepła HAZ zależą od:

- tego, czy stal była odpuszczana podczas produkcji, a jeśli tak, to w jaki sposób
- składu chemicznego stali
- wpływu obróbki cieplnej związanej z procesem cięcia.

Szerokość HAZ rośnie wraz ze wzrostem wpływu termicznego wynikającego z procesu cięcia. Przykładowo, cięcie z tą samą mocą i obniżenie prędkości cięcia prowadzi do szerszej strefy HAZ. Różne procesy cięcia termicznego mają różny wpływ, w rezultacie którego powstaje szersza lub węższa strefa HAZ. Cięcie tlenem ma największy wpływ, następnie cięcie plazmą i cięcie laserem. **Rysunek 9** przedstawia schematyczny obraz strefy wpływu ciepła dla Strenx 1100 – Strenx 1300 oraz Hardox 400 – Hardox Extreme.



RYSUNEK 9. Profile twardości w strefie HAZ po cięciu termicznym Hardox i Strenx różnymi metodami cięcia.

Postępowanie z blachami

W trakcie składowania Hardox 550, Hardox 600 i Hardox Extreme należy upewnić się, że blachy nie są narażone na gięcie trójpunktowe. Może ono pojawić się, jeśli blachy ułożone są w stosy z niewłaściwie umieszczonymi przekładkami drewnianymi między warstwami. Zawsze należy upewnić się, czy przekładka w każdej warstwie umieszczona jest na górze przekładki w warstwie poniżej.

Nigdy nie wolno zwracać do magazynu blachy z ostrymi narożnikami, gdyż stanowią one czynniki zwiększające naprężenia i mogą spowodować pękanie blachy. Zawsze należy wykonać czyste cięcie, aby usunąć ostre narożniki przed zwrotem blachy do magazynu. Dotyczy to wszystkich metod cięcia na ciepło oraz cięcia na zimno takiego jak cięcie AWJ. Szczególnie podatne są blachy Hardox 550, Hardox 600 i Hardox Extreme.



RYSUNEK 10. Poprawnie ułożone blachy.

Redukcja ryzyka zmiękczenia

Odporność stali na zmiękczenie zależy od jej składu chemicznego, mikrostruktury i sposobu obróbki. Im mniejszy element jest cięty termicznie, tym większe ryzyko, iż cały komponent ulegnie zmiękczeniu. Jeśli temperatura stali jest zbyt wysoka, twardość stali obniży się zgodnie z **rysunkiem 11**. Sprawdź maksymalną dopuszczalną temperaturę w **tabeli 3 i 4**.

Metoda cięcia

Podczas cięcia małych elementów, ciepło dostarczone przez palnik i podgrzewanie wstępne zostanie skumulowane w obrabianej części. Im mniejszy rozmiar ciętej części, tym większe ryzyko zmiękczenia. Podczas cięcia tlenem blach o grubości 30 mm lub więcej, ogólna zasada stanowi, że ryzyko utraty twardości całego komponentu pojawia się, jeśli odległość między dwoma punktami cięcia wynosi mniej niż 200 mm. Najlepszym sposobem eliminacji ryzyka zmiękczenia jest stosowanie metod cięcia na zimno, takich jak cięcie strumieniem wodno-ściernym. Jeśli korzysta się z cięcia termicznego, preferowane jest cięcie laserem lub plazmą, nie tlenem. Wynika to z faktu, że cięcie tlenem dostarcza więcej ciepła i w ten sposób podnosi temperaturę ciętego elementu.

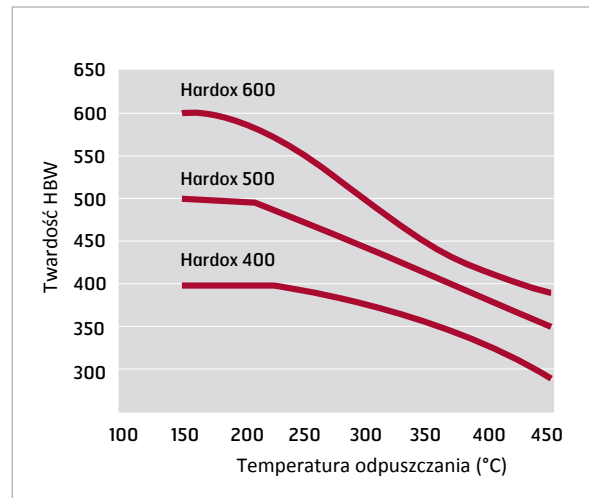
Cięcie pod powierzchnią wody

Skutecznym sposobem ograniczenia i zmniejszenia zakresu strefy miękkiej jest chłodzenie blachy i ciętej powierzchni wodą w trakcie procesu cięcia. Można to zrobić, zanurzając blachę w wodzie (**rysunek 12**) lub spryskując wodą daną część podczas i po cięciu. Cięcie pod powierzchnią wody można stosować przy cięciu plazmą i tlenem.

Wybrane zalety cięcia pod powierzchnią wody:

- zapobieganie utracie twardości całego komponentu
- mniejsze zniekształcenie ciętego elementu
- chłodzenie elementów bezpośrednio po cięciu
- brak oparów lub zanieczyszczeń
- mniejszy poziom hałasu

Ze względu na to, że podgrzewanie wstępne nie jest stosowane przy cięciu pod powierzchnią wody, jedynym dostępnym sposobem zapobiegania ryzyku pęknięcia wodorowego jest podgrzewanie po cięciu oraz obniżenie prędkości cięcia. Jeśli małe części są cięte tlenem z grubej blachy Hardox, istnieje ryzyko zmiękczenia, jak i pęknięcia krawędzi cięcia. Najlepiej uniknąć tego, stosując cięcie pod powierzchnią wody z niską prędkością cięcia lub podgrzewając części po cięciu przy użyciu palników lub w piecu.



RYSUNEK 11. Twardość powierzchni a temperatura odpuszczania.



RYSUNEK 12. Cięcie pod powierzchnią wody.