

# **Technická specifikace**

*AF\_PTD\_Příloha č.1-Technická specifikace\_Experimentální komora*

## **Experimentální komora Alimat-F**

### **Popis funkce**

Experimentální komora Alimat-F je určena pro testování prototypů plasma-facing komponent a v podmínkách tokamaku Compass-U. To je provozní teplota 500 °C a tlak  $\sim 1 \times 10^{-6}$  Pa.

### **Předmět dodávky**

Předmětem dodávky jsou:

- 3D konstrukční práce na vakuové komoře, tepelném štítu a radiačním ohřevu;
- FEM analýza sestavené vakuové komory – pevnost při evakuaci;
- vypracování výrobní výkresové dokumentace;
- svařenec těla aparatury včetně přírub a těsnících elastomerních kroužků; dle schválené výkresové dokumentace; materiál AISI 304;
- zaslepovací příruby standardu ConFlat (CF, norma ISO/TS 3669-2:2007) pro všechny příruby aparatury – 3x DN250CF, 7x DN200CF, 3x DN160CF, 4x DN100CF, 18x DN64CF, 10x DN40CF, materiál AISI 304;
- atypická čtvercová zaslepovací příruha včetně náhradního setu elastomerových těsnících kroužků – Viton®/FKM/FPM; materiál AISI 304;
- dvířka aparatury včetně pantů a náhradního setu elastomerových těsnících kroužků – Viton®/FKM/FPM; materiál AISI 304;
- vnitřní tepelné štíty namontované v aparatuře – 3 a více vrstev, kovový, bez grafitových komponent, maximální povolená ustálená povrchová teplota aparatury při jejím plném provozu 65 °C (podmínky viz text);
- vnitřní infračervené radiační ohřevy navržené pro provozní napětí 230 VAC, odolné do 1000 °C, včetně rozvodů a elektrických průchodků na přírubách DN40CF – spodní část aparatury;
- 10 ks termočlánků měřících v rozsahu 20 °C-1000 °C třídy přesnosti 3 nebo lepší včetně rozvodů a termočlávkové průchodky na přírubě/přírubách DN40CF – spodní část aparatury;
- spojovací materiál;
- dokumentace;
- vakuová zkouška v místě zhotovitele, včetně protokolu o zkoušce;
- kompletní sestavení a demonstrace funkčnosti v místě zhotovitele, včetně protokolu o zkoušce a funkčnosti IR ohřevu;
- vakuové mytí a balení aparatury;
- doprava na adresu objednatele.

Předmětem dodávky explicitně není:

- dodávka vývěv potřebných k čerpání aparatury;

- elektrické zdroje a systém řízení IR ohřevu.

### **Obecné požadavky**

**Materiál aparatury** je požadován z austenitické nerezavějící oceli dle standartu AISI 304 (případně AISI 304L, AISI 304LN, pokud nedojde k navýšení ceny oproti AISI 304), případně dle příslušného ekvivalentu DIN.

**Maximální vnější rozměr** aparatury (bez namontovaných přírub) je limitován na **1150 x 1150 x 1700 mm (V x Š x D)** - viz dokument „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“. Tyto rozměry se vztahují na **nedemontovatelné** části aparatury (jako demontovatelné se předpokládají např. kolečka, podpurný stůl, zaslepovací příruby standardu ConFlat, montážní materiál, aj). Do této výšky není započtena konstrukce potřebná pro zvedání aparatury jako celku (navášená oka nebo závitové otvory pro montáž standardních zvedacích ok) nedemontovatelné vyvedení čerpání meziprostoru elastomerových těsnění atypických přírub a spodní uchycení aparatury k prvkům modulárního systému ITEM profilů řady 8. Větší dimenze potřebná pro tyto části je **povolena pouze po schválení konkrétního návrhu konstrukce objednatelem**.

**Minimální prázdný vnitřní prostor** aparatury (uvnitř vyhřívané zóny, tj. do tohoto prostoru nepatří prostor pro tepelné štíty a ohříváče) je **740 x 740 x 1325 mm (V x Š x D)** - viz dokument „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“. V tomto prostoru není povolen jakýkoli konstrukční prvek aparatury.

V zadávací dokumentaci (přiložený 3D model „AF\_PTD\_3D\_model\_Experimentální komora.stp“) a orientačních výkresech (dokument „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“) není řešena **podpurná výztuž** zamezující prohnutí stěn a atypických přírub vlivem silového působení atmosféry při čerpání aparatury. Návrh výztuže zajistí zhotovitel na základě FEM analýz pro povrchovou teplotu vakuové aparatury 65 °C (maximální povolená povrchová teplota aparatury, teplota okolí 20-25°C, bez aktivního ofuku aparatury). Výztuž je povolena v nezbytném množství tak, že neomezí montáž komponent na jednotlivé příruby a celkové rozměry nepřekročí požadovaný maximální vnější rozměr aparatury.

Maximální prohnutí v místě přírub po vyčerpání aparatury je požadováno **menší než 4 mm**.

### **Ostatní nedemontovatelné prvky experimentální aparatury**

Nedemontovatelnou součástí konstrukce aparatury jsou úchytné body nebo konstrukce potřebná pro zvedání aparatury jako celku (navášená oka nebo závitové otvory pro montáž standardních zvedacích ok), které budou dimenzována na hmotnost samotné aparatury včetně tepelných štítů a vyhřívacích infračervených (IR) elementů a namontovaných zaslepovacích přírub pro všechny příruby navýšená o 800 kg. Větší rozměry potřebné pro konstrukci zvedacích úchytů jsou **povoleny pouze po schválení konkrétního návrhu konstrukce objednatelem**.

Další nedemontovatelnou součástí konstrukce aparatury je spodní uchycení aparatury k prvkům modulárního systému ITEM profilů řady 8 – modulární vzdálenost 40 mm. Předběžný návrh počítá s využitím profilů 80 mm x 80 mm – ideový návrh spodního uchycení je zobrazen

v dokumentu „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“ nebo v přiloženém 3D modelu „AF\_PTD\_3D\_model\_Experimentální komora.stp“ (vzdálenost otvorů je 40 mm – odpovídá vzdálenosti drážek pro umístění montážních kamenů systému ITEM řady 8). Výrobky z modulárního systému ITEM nejsou součástí dodávky. Větší rozměry potřebné pro konstrukci spodních úchytů aparatury převyšující maximální povolený vnější rozměr aparatury jsou možné **pouze po schválení konkrétního návrhu konstrukce objednatelem.**

### **Vakuové požadavky**

Cílový provozní tlak aparatury je  $P_{ult}=1 \times 10^{-6}$  Pa.

Z tohoto důvodu jsou veškeré kruhové příruby navrženy jako UHV kompatibilní typu ConFlat (norma ISO/TS 3669-2:2007). Soupis CF přírub následuje:

3x DN250CF  
7x DN200CF  
3x DN160CF  
4x DN100CF  
18x DN64CF  
10x DN40CF

Aparatura je vybavena dvěma atypickými velkými čtvercovými přírubami. První je koncipována s navařenými přírubami (celkový počet 9 CF přírub), je opatřena panty a určena k pravidelnému manuálnímu otevírání v horizontálním směru bez jakékoli mechanizace. Zajištění a dotěsnění se předpokládá pouze pomocí šroubů. Dále je požadováno, aby bylo možno v případě potřeby tuto přírubu kompletně demontovat a nahradit ji za jinou atypickou čtvercovou přírubu (z aparatury nedemontovatelné části pantového systému tuto výměnu musí umožnit). Druhý port pro velké atypické příruby je navržen pro čistě demontovatelné příruby bez otevíracího mechanismu a je určen pro připojení speciálních konfigurací přírub. Součástí dodávky je také zaslepovací atypická příruba na tento port. Obě dodávané atypické příruby (dvířka s devíti CF přírubami a zaslepovací příruba) mají být opatřeny zvedacími body (navařená oka nebo závitové otvory pro montáž standardních zvedacích ok) umožňující montáž přírub na aparaturu na svislo pomocí zvedacího jeřábku (jeřábek není předmětem dodávky).

Těsnění těchto přírub je z důvodu požadovaného provozního tlaku navrženo a požadováno jako dvojice elastomerových kroužků s čerpaným meziprostorem. Z důvodu ochrany a prodloužení životnosti elastomerových těsnění je třeba navrhnout aktivní chlazení aparatury v oblasti umístění elastomerů plyným (stlačený vzduch) nebo kapalným (voda) médiem.

Součástí vakuového prostoru je systém tepelných štítů a systém tepelných radiačních zářičů. Podrobnější popis viz následující sekce.

Minimální prázdný vnitřní prostor aparatury (uvnitř vyhřívané zóny, odečten prostor pro tepelné štíty a ohřívače) je **740 x 740 x 1325 mm (V x Š x D)** - viz dokument „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“.

### **Požadavky na přípravu upevnění vsádky**

Do komory bude vkládána vsádka pro ohřev. Z tohoto důvodu je požadováno provést přípravu z vnitřní strany komory - místo pro kotvení vsádky montážními body se závitem M10 s odvětráním v místě kontaktu s komorou (např. formou navařených dlouhých matic/sloupků s profrézovanou částí v kontaktu s komorou aj.). Jejich schématické rozložení je zobrazeno na "Obr1\_Montazni\_body.png".

Předpokládáme, že jakákoliv vsádka (max 800 kg) bude kotvena vždy minimálně na 4 kotvící body. Maximální zatížení jednoho kotvícího bodu tedy bude maximálně 200 kg.

S montážními body je spojena i příprava průchodů tepelných štítů pro úchytnou konstrukci vsádky (ta není součástí dodávky). Objednatel preferuje přípravu průchodu tepelnými štíty formou vylamovacích zátek, umožňující realizaci montážního průchodu bez nutnosti demontáže štítu. Koncepční návrh je zobrazen na obrázku Obr2\_Pruchody-Montazni\_body.png. Jiný návrh průchodu tepelnými štíty k montážním bodům je přípustný.

**Konkrétní umístění montážních bodů a průchodů tepelnými štíty navrhne zhotovitel spolu s návrhem uchycení tepelných štítů a radiačních zářičů a bude schváleno objednatelem jako celek.**

### **Požadavky na topný systém aparatury**

Hlavní funkcí aparatury je testování komponent na zvýšené teploty až 500 °C. Aparaturu je požadováno vybavit IR radiačním ohřevem rozděleným minimálně do tří nezávislých sekcí – viz dokument dokument „AF\_PTD\_Drawing\_Experimentální komora.pdf“ – červené bloky. Požadavky na tento ohřev jsou následující:

1. maximální provozní teplota radiačních tepelných zdrojů - 1000 °C;
2. výkon jednotlivých sekcí 2KW každá. Celkově tedy 6 kW;
3. z důvodu homogenního zahřívání vsádky je požadováno umístění zářičů realizovat symetricky, ze všech čtyřech stran, zářiče jsou požadovány stejných výkonů. Výkon pro danou sekci je považován jako součet výkonů všech zářičů pro danou sekci.
4. z důvodu ochrany samotné aparatury a její obsluhy jsou mezi radiačními ohřevy a tělem komory umístěny radiační štíty realizované soustavou minimálně **tří plechů** (vakuově kompatibilních a vhodných pro danou teplotu – pravděpodobně z leštěné nerezavějící oceli);
5. radiační štít nejbližší tepelným zdrojům je požadováno opatřit vrstvou s vysokou reflektivitou v infračerveném spektru (např. stříbro, zlato, hliník);
6. radiační štíty a IR ohřev je požadováno konstruovat bez grafitových komponent;
7. maximální povolená povrchová teplota vnějšího pláště experimentální komory je 65°C (maximální povolená povrchová teplota aparatury, teplota okolí 20-25°C, bez aktivního ofukování vnějšku aparatury, aktivní chlazení v oblasti elastomerových těsnění je povoleno);
8. radiační štíty je požadováno v oblasti přírub opatřit demontovatelnými záklopy odstrojitelnými zevnitř aparatury tak, aby v případě potřeby vznikl kolmý průzor do vyhřívané oblasti o průměru minimálně o 10 mm větší než příslušný nominální průměr příslušné příruby;

9. tepelné štíty budou opatřeny průchody tepelnými štíty nebo jejich přípravou k montážním bodům vsádky tak, aby k použití montážního průchodu mohlo dojít bez nutnosti demontáže tepelného štítu.
10. **návrh tepelných štítů a radičního ohřevu musí být před realizací schválen objednatelem.**

Pro měření a řízení teploty (řízení není předmětem dodávky) bude použito **10 ks termočlánků** měřících v **rozsahu 20 °C-1000 °C třídy přesnosti 3** (např. termočlánek typu K) nebo lepší. Umístění termočlánků navrhne dodavatel a schválí objednatel vzhledem k návrhu realizace tepelných štítů.

### **Faktory akceptačního testu**

Pro úspěšné splnění dodávky je požadováno splnění následujících požadavků

1. předání dokumentace k experimentální komoře obsahující zejména popis materiálů a komponent použitých v konstrukci, zapojení IR tepelných zdrojů apod. Dostatečnost předložené dokumentace bude posouzena objednatelem a schválena zápisem. V případě, že objednatel shledá, že dokumentace má být doplněna, vyzve dodavatele k doplnění.
2. předání 3D modelu experimentální komory ve formátu .stp. Předání bude stvrzeno zápisem.
3. zhotovitel předvede celkovou funkčnost aparatury v místě zhotovitele, zejména:
  - dosažení tlaku  $<1 \times 10^{-6}$  Pa s IR vyhřívacími elementy na pokojové teplotě (20 °C – 25 °C) a popíše průběh testu do protokolu o testu aparatury;
  - dosažení tlaku  $<1 \times 10^{-3}$  Pa s IR vyhřívacími elementy na provozní teplotě 500 °C a popíše průběh testu do protokolu o testu aparatury;
  - funkčnost IR ohřevů do 1000 °C;
  - měření příkonu IR ohřevů;
  - funkčnost všech měřících termočlánků;
  - maximální povolenou ustálenou povrchovou teplotu aparatury 65 °C při jejím plném provozu – IR ohřev na 500 °C;
4. Dodavatel zhotoví protokol o zkoušce z demonstrace funkčnosti aparatury v místě zhotovitele, který bude obsahovat zejména popis metodiky testu a časové průběhy měřených veličin (tlak, vnější teplota aparatury, teplota IR ohřevů, příkon pro IR ohřevy) během testu.
5. Body 1 až 4 musí být splněny před podepsáním konečného předávacího protokolu kupujícím.