

Příloha 3.1.3: Kontrolní postup

1) Vstupní kontrola

- Očištění povrchu součástí od oxidů a hrubých nečistot (např. opískování nízkým tlakem).

1a) Proměření odlitků metodou magnetické skvrny

- Kalibrace přístroje při aktuální teplotě prostředí.

Určeno pro přístroje DOMENA. Kalibrace na cejchovním kameni se stálou hodnotou M (Hr), např. M=200 A/M. Stupeň magnetizace M3. Teplota prostředí a měřených součástí by se měla pohybovat v rozsahu 0-35°C. Kalibraci je třeba provádět po temperování přístroje a především sond na teplotu prostředí.

- Měření parametru H_r opakovanou magnetizací - dle příslušných tabulek/závislostí lze identifikovat výchozí strukturu matrice. V případě vlivu tvaru součásti nebo tloušťky stěny je nutné určit a započíst korekce, příp. využít k měření korekčních přípravků či tvarové sondy.

Magneticky neovlivněná (panenská) součást je proměřena dvakrát za sebou na stejném místě magnetizací M3. Po každé dvojici měření je znovu přeměřen cejchovní kámen (aby se zaznamenala případná odchylka měření způsobená např. teplotními vlivy). Z naměřených hodnot H_{r1} a H_{r2} vypočten rozdíl dH_r . Tento cyklus je pro získání většího počtu dat možné v dostatečné vzdálenosti (min 1x průměr sondy) opakovat na několika místech součásti.

- tabulka hodnot dH_r/H_{r1} dle typu matrice:

| Vzorek | dH_r | H_{r1} | Mikrostruktura |
|--------|--------|----------|---|
| | [A/m] | [A/m] | |
| ZS LLG | 12 | 121 | P-F. 59% G_I , 27% G_{II} , 29% vel 4, 31% vel.5 |
| ZS LVG | 9 | 65 | F. 46% G_{III} , 21% G_{II} , 22% G_{IV} , 26% vel 6, 24% vel.5 |
| ZS LKG | 11 | 66 | F-P. 62% G_{VI} , 13% G_{IV} , 70% vel.5, 20% vel 6 |
| 15.5 | 5 | 51 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5 a 6. |
| 37.5 | 6 | 47 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6 a 5. |
| 34.5 | 3 | 50 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 16.6 | 3 | 53 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 7.6 | 4 | 50 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5 a 6. |
| 34.6 | 4 | 51 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5 a 6. |
| 12.5 | 3 | 63 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 10.5 | 5 | 54 | F-P. Kuličkový grafit, vel.7. |
| 27.5 | 4 | 54 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 30.6 | 4 | 54 | F-P. Kuličkový grafit, vel. 6 a 7. |
| 29.6 | 6 | 55 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 6, 7. |
| 16.5 | 3 | 53 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6 a 7. |
| 13.5 | 5 | 60 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5, 6, 7. |
| 40.5 | 5 | 42 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5. |
| 39.6 | 6 | 71 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5 a 6. |
| 40.6 | 4 | 39 | F-P. Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6. |
| 14.6 | 3 | 50 | F-P. Vermikulární grafit vel. 5 a 6. |

- Měření ustálené hodnoty H_{r1} . V případě vlivu tvaru součásti nebo tloušťky stěny je nutné započíst korekce. S využitím ustálené hodnoty H_r lze odečíst z příslušných tabulek/závislostí hodnoty mechanických vlastností (HB, Rm), nebo po vložení materiálových konstant z matematického modelu přímo měřit veličiny na součástech.

Po měření opakovanou magnetizací je součást proměřena ještě minimálně 5x v režimu L nebo 1x v režimu LL při magnetizaci M3. Z naměřených hodnot je vypočtena střední hodnota (medián) H_{r1} A/m, v případě měření v režimu LL je výstupní hodnota přímo hodnotou H_{r1} .

- modely pro výpočet tvrdosti:

| Materiál | ZS LLG | ZS LVG | ZS LKG | LVG Heunisch |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Výpočet | není určeno | není určeno | není určeno | $HB = 0,4487 \cdot H_{r1} + 143,68[-]; R^2 = 0,689$ |
| Materiálové konstanty | není určeno | není určeno | není určeno | $A=0,4487; B=143,68$ |

- modely pro výpočet pevnosti:

Není určeno.

- tabulka hodnot Hri dle mechanických vlastností:

| Vzorek | Hri | HB | Rm |
|--------|-------|-----|-------|
| | [A/m] | [-] | [MPa] |
| ZS LLG | 121 | 150 | 229 |
| ZS LVG | 44 | 176 | 390 |
| ZS LKG | 66 | 157 | 492 |
| 15.5 | 51 | 168 | - |
| 37.5 | 47 | 161 | - |
| 34.5 | 50 | 152 | - |
| 16.6 | 53 | 162 | - |
| 7.6 | 50 | 159 | - |
| 34.6 | 51 | 183 | - |
| 12.5 | 63 | 178 | - |
| 10.5 | 54 | 182 | - |
| 27.5 | 54 | 163 | - |
| 30.6 | 54 | 179 | - |
| 29.6 | 55 | 170 | - |
| 16.5 | 53 | 174 | - |
| 13.5 | 60 | 168 | - |
| 40.5 | 42 | 157 | - |
| 39.6 | 71 | 164 | - |
| 40.6 | 39 | 159 | - |
| 14.6 | 50 | - | - |

1b) Proměření odlitků ultrazvukem

- **Kalibrace přístroje** - nulový bod, nastavení časové základny, nastavení zesílení. Akustická vazba pomocí vhodného vazebního prostředku.

K měření je možné využít téměř jakéhokoli UZ přístroje, umožňujícího měření c_L (tloušťkoměry, defektoskopy). Pro měření c_L níže popsaným postupem je nutno použít dvouměničových sond o frekvenci 1 MHz (v případě LLG a LVG s hrubými částicemi grafitu) a 2 MHz (v případě LKG a LVG s jemnou disperzí částic grafitu - při měření nesmí být viditelný výrazný šum). V případě využití sondy jednoměničové nebo speciální (př. tvarové) je nutno adekvátně přizpůsobit postup měření c_L . Pro kalibraci je vhodné použít např. ocelovou měrku K1 ($c_L=5920$ m/s), nulový bod je následně nastaven dle tloušťky měrky (např. 25 mm). Časová základna by měla mít rozsah minimálně dvojnásobku kalibrační dráhy (tj. např. 2×25 mm), přičemž ve zvoleném rozsahu by měla být zobrazena minimálně 2 echa. Zesílení by mělo být nastaveno tak, aby výška ech byla v rozsahu 1/5 až 4/5 výšky displeje - při měření litin je třeba počítat s vyšším útlumem díky odrazům od částic grafitu. Jako vazební prostředek jsou vzhledem k předpokládanému dobrému povrchu součástí doporučeny vazební gely, pokud možno s inhibitory koroze (př. VGT, Ankoril).

- **Zjištění tloušťky měřené stěny L.**

Z výkresové dokumentace součásti nebo přímo proměření např. posuvným měřítkem. Nutno provést min. 3 měření a pro stanovení c_L počítat s průměrnou hodnotou tloušťky stěny.

- **Měření akustické dráhy L_u impulsní odrazovou metodou a následný přepočet na rychlost šíření podélných UZ vln c_L dle daného vztahu nebo přímé měření c_L umožňuje-li to UZ přístroj.** Dle příslušných tabulek/závislostí lze usuzovat na tvar grafitu. Dle příslušného modelu lze provést kontrolu nodularity. Měřené povrchy musí být rovnoběžné. V případě výrazně zakřiveného povrchu je nutno použít přizpůsobené (tvarové) sondy a k tomu příslušející kalibrace.

Na kontaktní plochu je nanesen vazební prostředek. Měří se kolmým prozvučováním impulsní odrazovou metodou. Měří se časová odlehlost mezi emisí akustického pulsu UZ emitorem a jeho absorpcí detektorem po odrazu od protější stěny. Z displeje se odečítá hodnota L_u nebo přímo hodnota c_L . Při měření musí být sonda pod rovnoměrným přitlakem. Nutno provést min. 3 měření a do výpočtu/tabulky dosazovat průměrnou hodnotu.

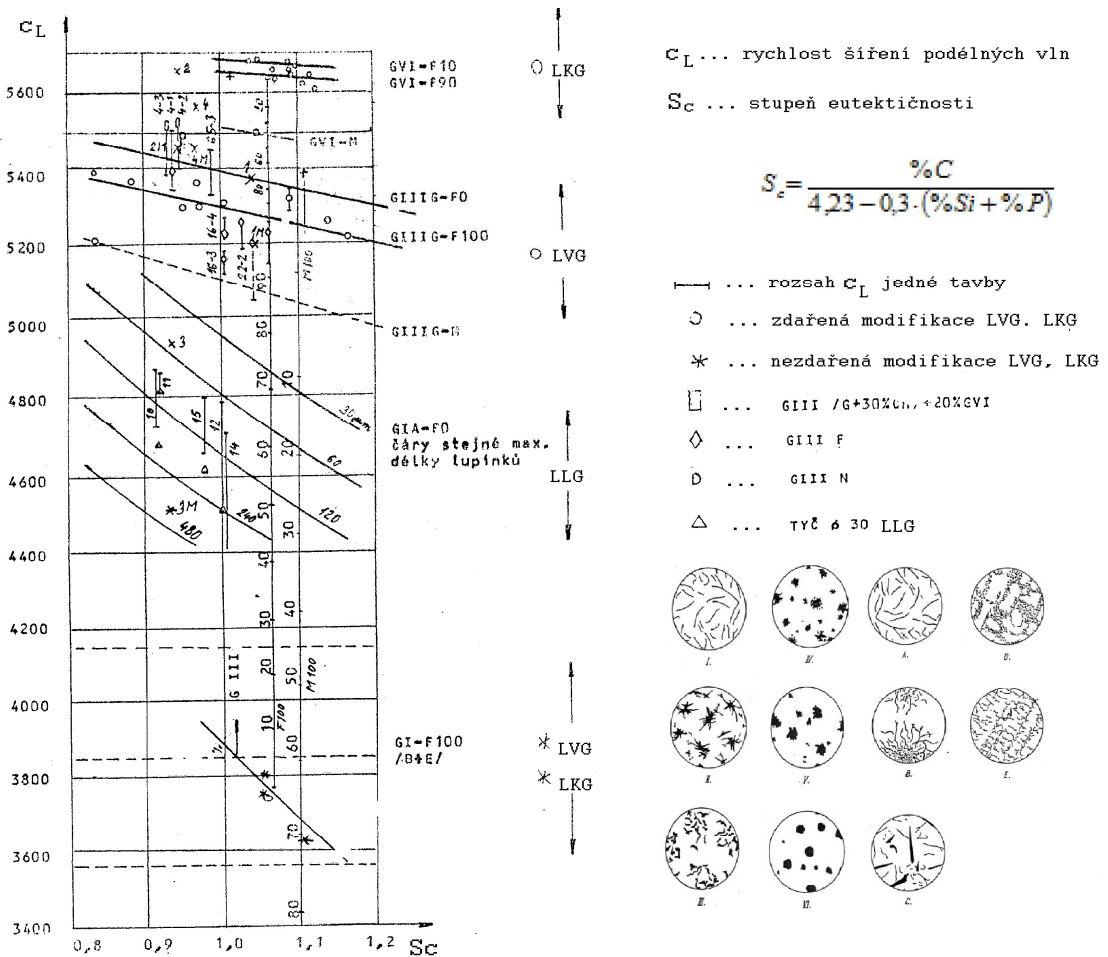
-výpočet rychlosti šíření UZ vln:

$$c_L = 5920 \cdot c_R [m/s] \quad c_R = \frac{L}{L_u} [-]$$

- tabulka hodnot c_L a c_R dle typu grafitu:

| Vzorek | c_L | c_R | Analýza grafitu |
|--------|-------|-------|---|
| | [m/s] | [-] | |
| ZS LLG | 4736 | 0,795 | 59% G _I , 27% G _{II} , 29% vel 4, 31% vel.5 |
| ZS LVG | 5433 | 0,912 | 46% G _{III} , 21% G _{II} , 22% G _{IV} , 26% vel 6, 24% vel.5 |
| ZS LKG | 5794 | 0,972 | 62% G _{VI} , 13% G _{IV} , 70% vel.5, 20% vel 6 |
| 15.5 | 5353 | 0,903 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5 a 6. |
| 37.5 | 5385 | 0,892 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6 a 5. |
| 34.5 | 5340 | 0,898 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 16.6 | 5347 | 0,890 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 7.6 | 5315 | 0,899 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5 a 6. |
| 34.6 | 5306 | 0,884 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5 a 6. |
| 12.5 | 5581 | 0,907 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 10.5 | 5620 | 0,912 | Kuličkový grafit, vel.7. |
| 27.5 | 5454 | 0,907 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5, 6, 7. |
| 30.6 | 5462 | 0,914 | Kuličkový grafit, vel. 6 a 7. |
| 29.6 | 5503 | 0,904 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 6, 7. |
| 16.5 | 5502 | 0,910 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6 a 7. |
| 13.5 | 5506 | 0,906 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5, 6, 7. |
| 40.5 | 5435 | 0,911 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.5. |
| 39.6 | 5519 | 0,896 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel. 5 a 6. |
| 40.6 | 5575 | 0,892 | Vermikulární+kuličkový grafit, vel.6. |
| 14.6 | 5465 | 0,976 | Vermikulární grafit vel. 5 a 6. |

- závislost c_L na tvaru grafitu při různém stupni eutektičnosti:



Zdroj: SKRBEK, B - Nedestruktivní materiálová diagnostika litinových odlitků. Diplomová práce, VŠST Liberec, 1988.

- model pro výpočet obsahu G_{III}:

| Materiál | ZS LLG | ZS LVG | ZS LKG | LVG Heunisch |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Výpočet | není určeno | není určeno | není určeno | $G_{III} = 961,6 - 999 \cdot c_R [\%]; R^2 = 0,9992$ |
| Materiálové konstanty | není určeno | není určeno | není určeno | $A=961,6; B=-999$ |

2) Výstupní kontrola

2a) Proměření odlišk metodou magnetické skvrny

- **Očištění povrchu** součástí od oxidů a hrubých nečistot (opískování nízkým tlakem).
- **Kalibrace přístroje** při aktuální teplotě prostředí.

Určeno pro přístroje DOMENA. Kalibrace na cejchovním kameni se stálou hodnotou M (Hr), např. M=200 A/m. Stupeň magnetizace M3. Teplota prostředí a měřených součástí by se měla pohybovat v rozsahu 0-35°C. Kalibraci je třeba provádět po temperování přístroje a především sond na teplotu prostředí.

- **Měření parametru Hr opakovanou magnetizací** - dle příslušných tabulek/závislostí lze identifikovat strukturu matrice po izotermickém kalení. V případě vlivu tvaru součásti nebo tloušťky stěny je nutné určit a započíst korekce, příp. využít k měření korekčních přípravků či tvarové sondy. Je-li podezření na vznik nežádoucího oduhlíčení, tj. všechny naměřené hodnoty Hr jsou nižší, než odpovídající tabulkové hodnoty předpokládaných struktur, je třeba je porovnat s tabulkou pro měření hloubky oduhlíčení.

Magneticky neovlivněná (panenská) součást je proměřena dvakrát za sebou na stejném místě magnetizací M3. Po každé dvojici měření je znovu přeměřen cejchovní kámen (aby se zaznamenala případná odchylka měření způsobená např. teplotními vlivy). Z naměřených hodnot Hr1 a Hr2 je vypočten rozdíl dHr. Tento cyklus je pro získání většího počtu dat možné v dostatečné vzdálenosti (min 1x průměr sondy) opakovat na několika místech součásti.

- tabulka hodnot dHr dle typu matrice:

| Materiál | Mikrostruktura | dHr [A/m] | Materiál | Mikrostruktura | dHr [A/m] |
|----------|----------------|-----------|---------------|----------------|-----------|
| AGI | M, M+dAF | 12 | ADI | M, M+dAF | 11 |
| | dAF | 31 - 33 | | dAF | 32 - 34 |
| | dAF+hAF | 34 - 38 | | dAF+hAF | 35 - 40 |
| | hAF | 42 - 48 | | hAF | 42 - 50 |
| AVGI | M, M+dAF | 50 - 60 | AVGI Heunisch | M, M+dAF | 51 - 60 |
| | dAF | 9 | | dAF | 3 - 6 |
| | dAF+hAF | 29 - 32 | | dAF+hAF | 31 - 33 |
| | hAF | 33 - 39 | | hAF | 33 - 40 |

- tabulka hodnot Hr dle hloubky oduhlíčení:

| doba austenitizace [min]/ hloubka oduhlíčení [um] | XL2 310 | XL1 310 | XL6 310 | XC2 310 | XC1 310 | XC6 310 | XK2 310 | XK1 310 | XK6 310 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 30 | 429 | 432 | 425 | 321 | 314 | 339 | 268 | 254 | 254 |
| 90 | 509 | 501 | 504 | 397 | 390 | 449 | 315 | 324 | 306 |
| Aus. [min]/Hr [A/m] | XL2 310 | XL1 310 | XL6 310 | XC2 310 | XC1 310 | XC6 310 | XK2 310 | XK1 310 | XK6 310 |
| 30 | 244 | 267 | 321 | 233 | 288 | 257 | 268 | 272 | 275 |
| 90 | 302 | 329 | 338 | 248 | 299 | 269 | 261 | 277 | 282 |
| Aus. [min]/M3dHr _{1,2} | XL2 310 | XL1 310 | XL6 310 | XC2 310 | XC1 310 | XC6 310 | XK2 310 | XK1 310 | XK6 310 |
| 30 | 14 | 15 | 15 | 11 | 10 | 13 | 9 | 8 | 9 |
| 90 | 19 | 19 | 20 | 13 | 13 | 17 | 11 | 13 | 12 |

- **Měření ustálené hodnoty Hri** - s využitím ustálené hodnoty Hr lze odečíst z příslušných tabulek/závislostí typ mikrostruktury, obsah Az nebo orientačně hodnoty mechanických vlastností (HB, Rm). Po vložení materiálových konstant z matematického modelu lze přímo měřit veličiny na součástech. V případě vlivu tvaru součásti nebo tloušťky stěny je nutné určit a započíst korekce.

Po měření opakovanou magnetizací je součást proměřena ještě minimálně 5x v režimu L nebo 1x v režimu LL při magnetizaci M3. Z naměřených hodnot je vypočtena střední hodnota (medián) Mi A/m, v případě měření v režimu LL je výstupní hodnota přímo hodnotou Mi. Tato hodnota je tzv. ustálenou hodnotou magnetizace. Hodnota Mi je dosazována do vztahů/použita pro odečet z tabulek pro určení mechanických vlastností či typu grafitu. Po ustálení měření je možno do přístroje DOMENA přes číselník v režimech A a B zadat materiálové konstanty A, B a při stejné magnetizaci (M3) měřit veličiny přímo na součástech.

- tabulka hodnot Hri dle TZ a typu matrice:

| Vzorek | Mikrostr. | Hri [A/m] | Vzorek | Mikrostr. | Hri [A/m] | Vzorek | Mikrostr. | Hri [A/m] | Vzorek | Mikrostr. | Hri [A/m] |
|------------|-------------------|-----------|------------|-------------------|-----------|------------|-------------------|-----------|--------|-------------------|-----------|
| 3L2 240 | M+dAF, 12%Az | 308 | 3C2 240 | M+dAF, 14%Az | 283 | 3K2 240 | M+dAF, 13%Az | 280 | 15.5 | M+dAF, 15%Az | 278 |
| 3L1 240 | M+dAF, 12%Az | 284 | 3C1 240 | dAF+M, 14%Az | 275 | 3K1 240 | dAF+M, 13%Az | 272 | 37.5 | dAF+M, 15%Az | 270 |
| 3L6 240 | dAF+M, 12%Az | 270 | 3C6 240 | dAF, 14%Az | 268 | 3K6 240 | dAF, 13%Az | 266 | 34.5 | dAF+M, 15%Az | 265 |
| 9L2 240 | M+dAF, 12%Az | 349 | 9C2 240 | M+dAF, 14%Az | 297 | 9K2 240 | M+dAF, 13%Az | 296 | 16.6 | M+dAF, 15%Az | 288 |
| 9L1 240 | dAF+M, 12%Az | 346 | 9C1 240 | dAF+M, 14%Az | 279 | 9K1 240 | dAF+M, 13%0Az | 286 | 7.6 | dAF+M, 15%Az | 277 |
| 9L6 240 | dAF, 12%Az | 340 | 9C6 240 | dAF, 14%Az | 284 | 9K6 240 | dAF, 13%Az | 281 | 34.6 | dAF, 15%Az | 285 |
| 3L2 310 | dAF+M, 21%Az | 256 | 3C2 310 | dAF+M, 23%Az | 242 | 3K2 310 | dAF+M, 22%Az | 271 | 12.5 | dAF+M, 20%Az | 267 |
| 3L1 310 | dAF+hAF, 26%Az | 278 | 3C1 310 | dAF+hAF, 30%Az | 295 | 3K1 310 | dAF+hAF, 26%Az | 279 | 10.5 | dAF+hAF, 23%Az | 269 |
| 3L6 310 | dAF+hAF, 28%Az | 313 | 3C6 310 | dAF+hAF, 25%Az | 264 | 3K6 310 | dAF+hAF, 29%Az | 283 | 27.5 | dAF+hAF, 26%Az | 296 |
| 9L2 310 | dAF+M, 21%Az | 318 | 9C2 310 | dAF+M, 23%Az | 257 | 9K2 310 | dAF+M, 23%Az | 268 | 30.6 | dAF+M, 21%Az | 278 |
| 9L1 310 | dAF+hAF, 26%Az | 345 | 9C1 310 | dAF+hAF, 30%Az | 307 | 9K1 310 | dAF+hAF, 27%Az | 288 | 29.6 | dAF+hAF, 23%Az | 284 |
| 9L6 310 | dAF+hAF, 30%Az | 354 | 9C6 310 | dAF+hAF, 26%Az | 283 | 9K6 310 | dAF+hAF, 29%Az | 291 | 11.6 | dAF+hAF, 28%Az | 342 |
| 3L2 400 | hAF+M, 26%Az | 292 | 3C2 400 | hAF+M, 25%Az | 291 | 3K2 400 | hAF+M, 24%Az | 282 | 16.5 | hAF+M, 22%Az | 290 |
| 3L1 400 | hAF, 28%Az | 308 | 3C1 400 | hAF, 33%Az | 299 | 3K1 400 | hAF, 28%Az | 295 | 13.5 | hAF, 27%Az | 307 |
| 3L6 400 | hAF, 31%Az | 337 | 3C6 400 | hAF, 26%Az | 303 | 3K6 400 | hAF, 29%Az | 303 | 40.5 | hAF, 30%Az | 309 |
| 9L2 400 | hAF+M, 27%Az | 359 | 9C2 400 | hAF+M, 26%Az | 312 | 9K2 400 | hAF+M, 28%Az | 298 | 39.6 | hAF+M, 22%Az | 322 |
| 9L1 400 | hAF, 31%Az | 369 | 9C1 400 | hAF, 34%Az | 328 | 9K1 400 | hAF, 32%Az | 325 | 40.6 | hAF, 27%Az | 332 |
| 9L6 400 | hAF, 32%Az | 381 | 9C6 400 | hAF, 27%Az | 333 | 9K6 400 | hAF, 33%Az | 329 | 14.6 | hAF, 30%Az | 337 |

- tabulka hodnot Hri dle mechanických vlastností:

| Vzorek | Hri | Rm | HB | Vzorek | Hri | Rm | HB | Vzorek | Hri | Rm | HB | Vzorek | Hri | Rm | HB |
|------------|-------|-------|-----|---------|-------|-------|-----|---------|-------|-------|-----|--------|-------|-------|-----|
| | [A/m] | [MPa] | [-] | | [A/m] | [MPa] | [-] | | [A/m] | [MPa] | [-] | | [A/m] | [MPa] | [-] |
| 3L2 240 | 308 | 326 | 258 | 3C2 240 | 283 | 517 | 404 | 3K2 240 | 280 | 555 | 494 | 15.5 | 278 | 500 | 329 |
| 3L1 240 | 284 | 323 | 251 | 3C1 240 | 275 | 677 | 378 | 3K1 240 | 272 | 1307 | 449 | 37.5 | 270 | 406 | 504 |
| 3L6 240 | 270 | 351 | 245 | 3C6 240 | 268 | 737 | 361 | 3K6 240 | 266 | 1799 | 342 | 34.5 | 265 | 722 | 442 |
| 9L2 240 | 349 | 326 | 345 | 9C2 240 | 297 | 509 | 426 | 9K2 240 | 296 | 571 | 516 | 16.6 | 288 | 762 | 364 |
| 9L1 240 | 346 | 311 | 252 | 9C1 240 | 279 | 676 | 383 | 9K1 240 | 286 | 1324 | 489 | 7.6 | 277 | 613 | 336 |
| 9L6 240 | 340 | 284 | 247 | 9C6 240 | 284 | 1467 | 369 | 9K6 240 | 281 | 1907 | 442 | 34.6 | 285 | 854 | 283 |
| 3L2 310 | 256 | 328 | 243 | 3C2 310 | 242 | 1110 | 314 | 3K2 310 | 271 | 973 | 339 | 12.5 | 267 | 985 | 327 |
| 3L1 310 | 278 | 314 | 238 | 3C1 310 | 295 | 866 | 311 | 3K1 310 | 279 | 1195 | 307 | 10.5 | 269 | 1153 | 323 |
| 3L6 310 | 313 | 592 | 230 | 3C6 310 | 264 | 1074 | 293 | 3K6 310 | 283 | 1465 | 256 | 27.5 | 296 | 1086 | 345 |
| 9L2 310 | 318 | 332 | 242 | 9C2 310 | 257 | 990 | 360 | 9K2 310 | 268 | 655 | 340 | 30.6 | 278 | 628 | 441 |
| 9L1 310 | 345 | 336 | 237 | 9C1 310 | 307 | 1043 | 313 | 9K1 310 | 288 | 1205 | 316 | 29.6 | 284 | 1041 | 323 |
| 9L6 310 | 354 | 606 | 233 | 9C6 310 | 283 | 1128 | 306 | 9K6 310 | 291 | 1476 | 257 | 11.6 | 342 | 246 | 230 |
| 3L2 400 | 292 | 354 | 226 | 3C2 400 | 291 | 633 | 263 | 3K2 400 | 282 | 915 | 250 | 16.5 | 290 | 776 | 265 |
| 3L1 400 | 308 | 342 | 224 | 3C1 400 | 299 | 632 | 252 | 3K1 400 | 295 | 1550 | 247 | 13.5 | 307 | 786 | 234 |
| 3L6 400 | 337 | 335 | 210 | 3C6 400 | 303 | 640 | 239 | 3K6 400 | 303 | 1001 | 227 | 40.5 | 309 | 703 | 221 |
| 9L2 400 | 359 | 327 | 227 | 9C2 400 | 312 | 609 | 272 | 9K2 400 | 298 | 936 | 251 | 39.6 | 322 | 899 | 251 |
| 9L1 400 | 369 | 321 | 226 | 9C1 400 | 328 | 707 | 256 | 9K1 400 | 325 | 1119 | 243 | 40.6 | 332 | 722 | 229 |
| 9L6 400 | 381 | 340 | 214 | 9C6 400 | 333 | 691 | 246 | 9K6 400 | 329 | 1057 | 233 | 14.6 | 337 | 835 | 279 |

- tabulka hodnot Hri dle obsahu Az:

| Vzorek | Hri [A/m] | Az [%] | Vzorek | Hri [A/m] | Az [%] | Vzorek | Hri [A/m] | Az [%] | Vzorek | Hri [A/m] | Az [%] |
|------------|--------------|-----------|---------|--------------|-----------|---------|--------------|-----------|--------|--------------|-----------|
| 3L2 240 | 308 | 12 | 3C2 240 | 283 | 14,1 | 3K2 240 | 280 | 13,2 | 15.5 | 278 | 15 |
| 3L1 240 | 284 | 12,1 | 3C1 240 | 275 | 14,2 | 3K1 240 | 272 | 13,3 | 37.5 | 270 | 15 |
| 3L6 240 | 270 | 12,4 | 3C6 240 | 268 | 14,2 | 3K6 240 | 266 | 13,4 | 34.5 | 265 | 15 |
| 9L2 240 | 349 | 12 | 9C2 240 | 297 | 14,1 | 9K2 240 | 296 | 13,3 | 16.6 | 288 | 15 |
| 9L1 240 | 346 | 12,2 | 9C1 240 | 279 | 14,2 | 9K1 240 | 286 | 13,3 | 7.6 | 277 | 15,1 |
| 9L6 240 | 340 | 12,5 | 9C6 240 | 284 | 14,2 | 9K6 240 | 281 | 13,6 | 34.6 | 285 | 15,1 |
| 3L2 310 | 256 | 21 | 3C2 310 | 242 | 22,8 | 3K2 310 | 271 | 21,5 | 12.5 | 267 | 20 |
| 3L1 310 | 278 | 26,2 | 3C1 310 | 295 | 29,8 | 3K1 310 | 279 | 26,1 | 10.5 | 269 | 23,1 |
| 3L6 310 | 313 | 27,7 | 3C6 310 | 264 | 25,15 | 3K6 310 | 283 | 28,6 | 27.5 | 296 | 25,6 |
| 9L2 310 | 318 | 21,1 | 9C2 310 | 257 | 23 | 9K2 310 | 268 | 23,3 | 30.6 | 278 | 20,8 |
| 9L1 310 | 345 | 26,4 | 9C1 310 | 307 | 30 | 9K1 310 | 288 | 26,6 | 29.6 | 284 | 23 |
| 9L6 310 | 354 | 28 | 9C6 310 | 283 | 26,5 | 9K6 310 | 291 | 28,8 | 11.6 | 342 | 27,6 |
| 3L2 400 | 292 | 26,3 | 3C2 400 | 291 | 25 | 3K2 400 | 282 | 23,9 | 16.5 | 290 | 22,15 |
| 3L1 400 | 308 | 28,3 | 3C1 400 | 299 | 33 | 3K1 400 | 295 | 28,7 | 13.5 | 307 | 26,6 |
| 3L6 400 | 337 | 31 | 3C6 400 | 303 | 25,8 | 3K6 400 | 303 | 29 | 40.5 | 309 | 30 |
| 9L2 400 | 359 | 27,1 | 9C2 400 | 312 | 25,5 | 9K2 400 | 298 | 28,2 | 39.6 | 322 | 22 |
| 9L1 400 | 369 | 31 | 9C1 400 | 328 | 34 | 9K1 400 | 325 | 31,9 | 40.6 | 332 | 27,1 |
| 9L6 400 | 381 | 32,3 | 9C6 400 | 333 | 27,14 | 9K6 400 | 329 | 32,9 | 14.6 | 337 | 29,9 |

- modely pro výpočet obsahu Az:

| AGI - oblast dAF | | ADI - oblast dAF | |
|-----------------------|--|--------------------------------|---|
| aus.30 min | $Az_1 = 15,6457 - 0,011484 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,802$ | aus.30 min | $Az_{13} = 17,52 - 0,0154 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,998$ |
| mat. konst. | A=15,6457; b=-0,011484 | mat. konst. | A=17,52; B=-0,0154 |
| aus. 90 min | $Az_2 = 29,098 - 0,04873 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,953$ | aus. 90 min | $Az_{14} = 23,6236 - 0,0353 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,943$ |
| mat. konst. | A=29,098; B=-0,04873 | mat. konst. | A=23,6236; B=-0,0353 |
| AGI - oblast dAF+hAF | | ADI - oblast dAF+hAF | |
| aus.30 min | $Az_3 = 0,1355 \cdot Hr_i - 13,7047 [\%]; R^2 = 0,840$ | aus.30 min | $Az_{15} = 0,7166 \cdot Hr_i - 174,7689 [\%]; R^2 = 0,997$ |
| mat. konst. | A=0,1355; B=-13,7047 | mat. konst. | A=0,7166; B=-174,7689 |
| aus. 90 min | $Az_4 = 0,1928 \cdot Hr_i - 40,5707 [\%]; R^2 = 0,999$ | aus. 90 min | $Az_{15} = 0,243 \cdot Hr_i - 42,867 [\%]; R^2 = 0,945$ |
| mat. konst. | A=0,1928; B=-40,5707 | mat. konst. | A=0,243; B=-42,867 |
| AGI - oblast hAF | | ADI - oblast hAF | |
| aus.30 min | $Az_5 = 0,1039 \cdot Hr_i - 4,177 [\%]; R^2 = 0,997$ | aus.30 min | $Az_{17} = 0,305 \cdot Hr_i - 62,985 [\%]; R^2 = 0,933$ |
| mat. konst. | A=0,1039; B=-4,177 | mat. konst. | A=0,305; B=-62,985 |
| aus. 90 min | $Az_6 = 0,2435 \cdot Hr_i - 60,336 [\%]; R^2 = 0,934$ | aus. 90 min | $Az_{18} = 0,149 \cdot Hr_i - 16,669 [\%]; R^2 = 0,997$ |
| mat. konst. | A=0,2435; B=-60,336 | mat. konst. | A=0,149; B=-16,669 |
| AVGI - oblast dAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF | |
| aus.30 min | $Az_7 = 16,475 - 0,0083 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,842$ | aus.30 min | $Az_{17} = 16,094 - 0,004 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,959$ |
| mat. konst. | A=16,475; B=-0,0083 | mat. konst. | A=16,094; B=-0,004 |
| aus. 90 min | $Az_8 = 15,8647 - 0,0058 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,914$ | aus. 90 min | $Az_{18} = 18,490 - 0,012 \cdot Hr_i [\%]; R^2 = 0,960$ |
| mat. konst. | A=15,8647; B=-0,0058 | mat. konst. | A=18,490; B=-0,012 |
| AVGI - oblast dAF+hAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF+hAF | |
| aus.30 min | $Az_9 = 0,1327 \cdot Hr_i - 9,7749 [\%]; R^2 = 0,984$ | aus.30 min | $Az_{19} = -0,1074 \cdot Hr_i^2 + 61,207 \cdot Hr_i - 8676 [\%]; R^2 = 0,986$ |
| mat. konst. | A=0,1327; B=-9,7749 | mat. konst. | A=-0,1074; B=61,207; C=-8676 |
| aus. 90 min | $Az_{10} = 0,1429 \cdot Hr_i - 14,1657 [\%]; R^2 = 0,999$ | aus. 90 min | $Az_{20} = -0,0045 \cdot Hr_i^2 + 2,9358 \cdot Hr_i - 448,36 [\%]; R^2 = 0,996$ |
| mat. konst. | A=0,1429; B=-14,1657 | mat. konst. | A=-0,0045; B=2,9358; C=-448,36 |
| AVGI - oblast hAF | | AVGI Heunisch - oblast hAF | |
| aus.30 min | $Az_{11} = -0,2741 \cdot Hr_i^2 + 163,96 \cdot Hr_i + 24484 [\%]; R^2 = 0,985$ | aus.30 min | $Az_{21} = 0,079 \cdot Hr_i^2 - 47,276 \cdot Hr_i + 7092,5 [\%]; R^2 = 0,992$ |
| mat. konst. | A=-0,2741; B=163,96; C=24484 | mat. konst. | A=0,079; B=-47,276; C=7092,5 |
| aus. 90 min | $Az_{12} = -0,0154 \cdot Hr_i^2 + 55,213 \cdot Hr_i - 8919 [\%]; R^2 = 0,995$ | aus. 90 min | $Az_{22} = 0,0326 \cdot Hr_i^2 - 20,917 \cdot Hr_i + 3380,5 [\%]; R^2 = 0,998$ |
| mat. konst. | A=-0,0154; B=55,213; C=-8919 | mat. konst. | A=0,0326; B=-20,917; C=3380,5 |

- modely pro výpočet tvrdosti:

| AGI - oblast dAF | | ADI - oblast dAF | |
|-----------------------|--|--------------------------------|---|
| aus. 30 min | $HB_1 = 0,3338 \cdot H_{ri} + 154,87[-]; R^2 = 0,982$ | aus. 30 min | $HB_{13} = 11,547 \cdot H_{ri} - 2739,5[-]; R^2 = 0,926$ |
| mat. konst. | A=0,3338; B=154,87 | mat. konst. | A=11,547; B=-2739,5 |
| aus. 90 min | $HB_2 = 1,6786 \cdot H_{ri} - 325,12[-]; R^2 = 0,655$ | aus. 90 min | $HB_{14} = 4,5215 \cdot H_{ri} - 827,39[-]; R^2 = 0,792$ |
| mat. konst. | A=1,6786; B=-325,12 | mat. konst. | A=4,5215; B=-827,39 |
| AGI - oblast dAF+hAF | | ADI - oblast dAF+hAF | |
| aus. 30 min | $HB_3 = -0,2329 \cdot H_{ri} + 303,21[-]; R^2 = 0,999$ | aus. 30 min | $HB_{15} = -8,0658 \cdot H_{ri} + 2553,7[-]; R^2 = 0,941$ |
| mat. konst. | A=-0,2329; B=303,21 | mat. konst. | A=-8,0658; B=2553,7 |
| aus. 90 min | $HB_4 = -0,235 \cdot H_{ri} + 317,48[-]; R^2 = 0,954$ | aus. 90 min | $HB_{16} = -3,0267 \cdot H_{ri} + 1164,9[-]; R^2 = 0,690$ |
| mat. konst. | A=-0,235; B=317,48 | mat. konst. | A=-3,0267; B=1164,9 |
| AGI - oblast hAF | | ADI - oblast hAF | |
| aus. 30 min | $HB_5 = -0,3028 \cdot H_{ri} + 317,61[-]; R^2 = 0,905$ | aus. 30 min | $HB_{17} = -1,053 \cdot H_{ri} + 552,67[-]; R^2 = 0,669$ |
| mat. konst. | A=-0,3028; B=317,61 | mat. konst. | A=-1,053; B=552,67 |
| aus. 90 min | $HB_6 = -0,5579 \cdot H_{ri} + 429,7[-]; R^2 = 0,787$ | aus. 90 min | $HB_{18} = -0,491 \cdot H_{ri} + 399,45[-]; R^2 = 0,821$ |
| mat. konst. | A=-0,5579; B=429,7 | mat. konst. | A=-0,491; B=399,45 |
| AVGI - oblast dAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF | |
| aus. 30 min | $HB_7 = 2,8684 \cdot H_{ri} - 413,55[-]; R^2 = 0,999$ | aus. 30 min | $HB_{19} = -10,187 \cdot H_{ri} + 3202,7[-]; R^2 = 0,716$ |
| mat. konst. | A=2,8684; B=-413,55 | mat. konst. | A=-10,187; B=3202,7 |
| aus. 90 min | $HB_8 = 2,4905 \cdot H_{ri} - 4326,26[-]; R^2 = 0,7405$ | aus. 90 min | $HB_{20} = 1,4032 \cdot H_{ri} - 72,253[-]; R^2 = 0,361$ |
| mat. konst. | A=2,4905; B=-4326,26 | mat. konst. | A=1,4032; B=-72,253 |
| AVGI - oblast dAF+hAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF+hAF | |
| aus. 30 min | $HB_9 = -0,0287 \cdot H_{ri} + 313,72[-]; R^2 = 0,647$ | aus. 30 min | $HB_{21} = 0,7226 \cdot H_{ri} - 129,58[-]; R^2 = 0,959$ |
| mat. konst. | A=-0,0287; B=313,72 | mat. konst. | A=0,7226; B=-129,58 |
| aus. 90 min | $HB_{10} = -0,9675 \cdot H_{ri} + 601,75[-]; R^2 = 0,652$ | aus. 90 min | $HB_{22} = -19,667 \cdot H_{ri} + 5947,7[-]; R^2 = 0,999$ |
| mat. konst. | A=-0,9675; B=601,75 | mat. konst. | A=-19,667; B=5947,7 |
| AVGI - oblast hAF | | AVGI Heunisch - oblast hAF | |
| aus. 30 min | $HB_{11} = -1,8205 \cdot H_{ri} + 797,49[-]; R^2 = 0,8955$ | aus. 30 min | $HB_{23} = -2,25 \cdot H_{ri} + 924,75[-]; R^2 = 0,964$ |
| mat. konst. | A=-1,8205; B=797,49 | mat. konst. | A=-2,25; B=924,75 |
| aus. 90 min | $HB_{12} = -1,1203 \cdot H_{ri} + 623,22[-]; R^2 = 0,975$ | aus. 90 min | $HB_{24} = 1,0576 \cdot H_{ri} - 97,755[-]; R^2 = 0,325$ |
| mat. konst. | A=-1,203; B=623,22 | mat. konst. | A=1,0576; B=-97,755 |

- modely pro výpočet pevnosti:

| AGI - oblast dAF | | ADI - oblast dAF | |
|-----------------------|---|--------------------------------|---|
| aus. 30 min | $Rm_1 = -0,63 \cdot H_{ri} + 514,97[MPa]; R^2 = 0,6015$ | aus. 30 min | $Rm_{13} = -96,68 \cdot H_{ri} + 2774,1[MPa]; R^2 = 0,995$ |
| mat. konst. | A=-0,63; B=514,97 | mat. konst. | A=-96,68; B=2774,1 |
| aus. 90 min | $Rm_2 = 3,8367 \cdot H_{ri} - 1019,2[MPa]; R^2 = 0,9814$ | aus. 90 min | $Rm_{14} = -90,485 \cdot H_{ri} + 27476[MPa]; R^2 = 0,919$ |
| mat. konst. | A=3,8367; B=-1019,2 | mat. konst. | A=-90,485; B=27476 |
| AGI - oblast dAF+hAF | | ADI - oblast dAF+hAF | |
| aus. 30 min | $Rm_3 = 5,0321 \cdot H_{ri} - 1016,7[MPa]; R^2 = 0,8011$ | aus. 30 min | $Rm_{15} = 47,575 \cdot H_{ri} - 12080[MPa]; R^2 = 0,970$ |
| mat. konst. | A=5,0321; B=-1016,7 | mat. konst. | A=47,575; B=-12080 |
| aus. 90 min | $Rm_4 = 6,1624 \cdot H_{ri} - 1674,4[MPa]; R^2 = 0,5253$ | aus. 90 min | $Rm_{16} = 35,144 \cdot H_{ri} - 8880,8[MPa]; R^2 = 0,978$ |
| mat. konst. | A=6,1624; B=-1674,4 | mat. konst. | A=35,144; B=-8880,8 |
| AGI - oblast hAF | | ADI - oblast hAF | |
| aus. 30 min | $Rm_5 = -0,3788 \cdot H_{ri} + 465,65[MPa]; R^2 = 0,731$ | aus. 30 min | $Rm_{17} = 17,078 \cdot H_{ri} - 3868,5[MPa]; R^2 = 0,207$ |
| mat. konst. | A=-0,3788; B=465,65 | mat. konst. | A=17,078; B=-3868,5 |
| aus. 90 min | $Rm_6 = 0,3589 \cdot H_{ri} + 193,59[MPa]; R^2 = 0,728$ | aus. 90 min | $Rm_{18} = 4,1026 \cdot H_{ri} - 273,62[MPa]; R^2 = 0,758$ |
| mat. konst. | A=0,3589; B=193,59 | mat. konst. | A=4,1026; B=-273,62 |
| AVGI - oblast dAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF | |
| aus. 30 min | $Rm_7 = -15,061 \cdot H_{ri} + 4819,3[MPa]; R^2 = 0,973$ | aus. 30 min | $Rm_{19} = -9,5225 \cdot H_{ri} + 3139,7[MPa]; R^2 = 0,180$ |
| mat. konst. | A=-15,061; B=4819,3 | mat. konst. | A=-9,5225; B=3139,7 |
| aus. 90 min | $Rm_8 = -19,217 \cdot H_{ri} + 6435,9[MPa]; R^2 = 0,148$ | aus. 90 min | $Rm_{20} = -8,6129 \cdot H_{ri} + 3103,3[MPa]; R^2 = 0,159$ |
| mat. konst. | A=-19,217; B=6435,9 | mat. konst. | A=-8,6129; B=3103,3 |
| AVGI - oblast dAF+hAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF+hAF | |
| aus. 30 min | $Rm_9 = -4,4545 \cdot H_{ri} + 2210,8[MPa]; R^2 = 0,896$ | aus. 30 min | $Rm_{21} = 0,876 \cdot H_{ri} + 830,44[MPa]; R^2 = 0,307$ |
| mat. konst. | A=-4,4545; B=2210,8 | mat. konst. | A=0,876; B=830,44 |
| aus. 90 min | $Rm_{10} = 0,8936 \cdot H_{ri} + 797,18[MPa]; R^2 = 0,715$ | aus. 90 min | $Rm_{22} = 67,111 \cdot H_{ri} - 18157[MPa]; R^2 = 0,996$ |
| mat. konst. | A=0,8936; B=797,18 | mat. konst. | A=67,111; B=-18157 |
| AVGI - oblast hAF | | AVGI Heunisch - oblast hAF | |
| aus. 30 min | $Rm_{11} = -1,3187 \cdot H_{ri} + 1023,9[MPa]; R^2 = 0,283$ | aus. 30 min | $HB_{23} = -2,25 \cdot H_{ri} + 924,75[-]; R^2 = 0,964$ |
| mat. konst. | A=-1,3187; B=1023,9 | mat. konst. | A=-2,25; B=924,75 |
| aus. 90 min | $Rm_{12} = 2,9737 \cdot H_{ri} - 291,42[MPa]; R^2 = 0,888$ | aus. 90 min | $HB_{24} = 1,0576 \cdot H_{ri} - 97,755[-]; R^2 = 0,325$ |
| mat. konst. | A=2,9737; B=-291,42 | mat. konst. | A=1,0576; B=-97,755 |

2b) Proměření odlitků ultrazvukem

- **Kalibrace přístroje** - nulový bod, nastavení časové základny, nastavení zesílení. Akustická vazba pomocí vazebního gelu.

K měření je možné využít téměř jakéhokoli UZ přístroje, umožňujícího měření c_L (tloušťkoměry, defektoskopy). Pro měření c_L níže popsaným postupem je nutno použít dvouměničových sond o frekvenci 1 MHz (v případě LLG a LVG s hrubými částicemi grafitu) a 2 MHz (v případě LKG a LVG s jemnou disperzí částic grafitu - při měření nesmí být viditelný výrazný šum). V případě využití sondy jednoměničové nebo speciální (př. Tvarové) je nutno adekvátně přizpůsobit postup měření c_L . Pro kalibraci je vhodné použít např. ocelovou měrku K1 ($c_L=5920$ m/s), nulový bod je následně nastaven dle tloušťky měrky (např. 25 mm). Časová základna by měla mít rozsah minimálně dvojnásobku kalibrační dráhy (tj. např. 2x 25 mm), přičemž ve zvoleném rozsahu by měla být zobrazena minimálně 2 echa. Zesílení by mělo být nastaveno tak, aby výška ech byla v rozsahu 1/5 až 4/5 výšky displeje - při měření litin je třeba počítat s vyšším útlumem díky odrazům od částic grafitu. Jako vazební prostředek jsou vzhledem k předpokládanému dobrému povrchu součástí doporučeny vazební gely, pokud možno s inhibitory koroze (př. VGT, Ankoril).

- **Zjištění tloušťky měřené stěny L .**

Z výkresové dokumentace součásti nebo přímo proměření např. posuvným měřítkem. Nutno provést min. 3 měření a pro stanovení c_L počítat s průměrnou hodnotou tloušťky stěny.

- **Měření akustické dráhy L_u impulsní odrazovou metodou a následný přepočet na rychlost šíření podélných UZ vln c_L dle daného vztahu nebo přímé měření c_L umožňuje-li to UZ přístroj.** Dle příslušných tabulek/závislostí lze usuzovat na mikrostrukturu matrice a vypočítat obsah Az. Slouží k doplnění výsledků měření metodou magnetické skvrny. Měřené povrchy musí být rovnoběžné. V případě výrazně zakřiveného povrchu je nutno použít přizpůsobené (tvarové) sondy a k tomu příslušné kalibrace.

Na kontaktní plochu je nanesen vazební prostředek. Měří se kolmým prozvučováním impulsní odrazovou metodou. Měří se časová odlehlost mezi emisí akustického pulsu UZ emitorem a jeho absorpcí detektorem po odrazu od protější stěny. Z displeje se odečítá hodnota L_u nebo přímo hodnota c_L . Při měření musí být sonda pod rovnoměrným tlakem. Nutno provést min. 3 měření a do výpočtu/tabulky dosazovat průměrnou hodnotu.

-výpočet rychlostí šíření UZ vln:

$$c_L = 5920 \cdot c_R [m/s] \quad c_R = \frac{L}{L_u} [-] \quad dc_{LTZ} = c_L - c_{LZS} [m/s]$$

Hodnota dc_{LTZ} je vypočteným rozdílem mezi rychlostí UZ v izotermicky kaleném a základním stavu. Ke vlivu TZ na mikrostrukturu je vztažnější.

- tabulka rozsahů hodnot c_L , c_R a dc_{LTZ} dle mikrostruktury:

| Materiál | Mikrostruktura | c_L | c_R | dc_{LTZ} |
|---------------|----------------|--------------|---------------|------------|
| | | [m/s] | [-] | [m/s] |
| AGI | P+F | 4736 | 0,795 | - |
| | M, M+dAF | 4642 - 4321 | 0,779 - 0,725 | 94 - 415 |
| | dAF | 4161 - 4102 | 0,698 - 0,688 | 587 - 634 |
| | dAF+hAF | 4209 - 4380 | 0,706 - 0,735 | 527 - 356 |
| | hAF | 4489 - 4652 | 0,753 - 0,781 | 247 - 84 |
| AVGI | F | 5433 | 0,912 | - |
| | M, M+dAF | 5302 - 5191 | 0,890 - 0,871 | 131 - 218 |
| | dAF | 5156 - 5142 | 0,865 - 0,863 | 242 - 291 |
| | dAF+hAF | 5185 - 5273 | 0,870 - 0,885 | 271 - 160 |
| | hAF | 5311 - 5412 | 0,891 - 0,908 | 185 - 21 |
| Mat. | Mikrostr. | c_L | c_R | dc_{LTZ} |
| | | [m/s] | [-] | [m/s] |
| ADI | F+P | 5742 | 0,963 | - |
| | M, M+dAF | 5532 - 5411 | 0,928 - 0,908 | 210 - 331 |
| | dAF | 5380 - 5360 | 0,903 - 0,899 | 362 - 382 |
| | dAF+hAF | 5477 - 5614 | 0,919 - 0,942 | 264 - 128 |
| | hAF | 5561 - 5625 | 0,933 - 0,944 | 230 - 117 |
| AVGI Heunisch | F+P | 5578 - 5064 | 0,912 - 0,875 | - |
| | M, M+dAF | 5024 - 4980 | 0,843 - 0,836 | 315 - 345 |
| | dAF | 4938 - 4888 | 0,829 - 0,820 | 402 - 418 |
| | dAF+hAF | 5222 - 5 405 | 0,876 - 0,907 | 359 - 179 |
| | hAF | 5369 - 5498 | 0,901 - 0,921 | 179 - 66 |

- modely pro výpočet obsahu A_z :

| | | | |
|------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| AGI - oblast dAF | | ADI - oblast dAF | |
| aus.30 min | $Az_1 = 0,007 \cdot dc_{LIZ} + 11,896[\%]; R^2 = 0,8759$ | aus.30 min | $Az_{13} = 0,0013 \cdot dc_{LIZ} + 12,883[\%]; R^2 = 0,968$ |
| mat. konst. | A=0,007; B=11,896 | mat. konst. | A=0,0013; B=12,883 |
| aus. 90 min | $Az_2 = 0,0013 \cdot dc_{LIZ} + 11,698[\%]; R^2 = 0,9738$ | aus. 90 min | $Az_{14} = 0,0021 \cdot dc_{LIZ} + 12,817[\%]; R^2 = 0,835$ |
| mat. konst. | A=0,0013; B=11,698 | mat. konst. | A=0,0021; B=12,817 |
| AGI - oblast dAF+hAF | | ADI - oblast dAF+hAF | |
| aus.30 min | $Az_3 = -0,029 \cdot dc_{LIZ} + 38,698[\%]; R^2 = 0,841$ | aus.30 min | $Az_{15} = 0,0615 \cdot dc_{LIZ} + 37,117[\%]; R^2 = 0,847$ |
| mat. konst. | A=-0,029; B=38,698 | mat. konst. | A=0,0615; B=37,117 |
| aus. 90 min | $Az_4 = -0,0413 \cdot dc_{LIZ} + 46,167[\%]; R^2 = 0,766$ | aus. 90 min | $Az_{16} = -0,0404 \cdot dc_{LIZ} + 33,946[\%]; R^2 = 0,999$ |
| mat. konst. | A=-0,0413; B=46,167 | mat. konst. | A=-0,0404; B=33,946 |
| AGI - oblast hAF | | ADI - oblast hAF | |
| aus.30 min | $Az_5 = -0,0164 \cdot dc_{LIZ} + 32,503[\%]; R^2 = 0,997$ | aus.30 min | $Az_{17} = -0,0258 \cdot dc_{LIZ} + 33,426[\%]; R^2 = 0,863$ |
| mat. konst. | A=-0,0164; B=32,503 | mat. konst. | A=-0,0258; B=33,426 |
| aus. 90 min | $Az_6 = -0,0152 \cdot dc_{LIZ} + 33,887[\%]; R^2 = 0,973$ | aus. 90 min | $Az_{18} = -0,0324 \cdot dc_{LIZ} + 37,077[\%]; R^2 = 0,942$ |
| mat. konst. | A=-0,0152; B=33,887 | mat. konst. | A=-0,0324; B=37,077 |
| AVGI - oblast dAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF | |
| aus.30 min | $Az_7 = -0,0006 \cdot dc_{LIZ} + 14,03[\%]; R^2 = 0,792$ | aus.30 min | $Az_{19} = 0,0009 \cdot dc_{LIZ} + 14,676[\%]; R^2 = 0,998$ |
| mat. konst. | A=-0,0006; B=14,03 | mat. konst. | A=0,0009; B=14,676 |
| aus. 90 min | $Az_8 = -0,0019 \cdot dc_{LIZ} + 14,546[\%]; R^2 = 0,811$ | aus. 90 min | $Az_{20} = 0,0004 \cdot dc_{LIZ} + 14,93[\%]; R^2 = 0,921$ |
| mat. konst. | A=-0,0019; B=14,546 | mat. konst. | A=0,0004; B=14,93 |
| AVGI - oblast dAF+hAF | | AVGI Heunisch - oblast dAF+hAF | |
| aus.30 min | $Az_9 = -0,1248 \cdot dc_{LIZ} + 51,048[\%]; R^2 = 0,934$ | aus.30 min | $Az_{21} = -0,0306 \cdot dc_{LIZ} + 30,885[\%]; R^2 = 0,991$ |
| mat. konst. | A=-0,1248; B=51,048 | mat. konst. | A=-0,0306; B=30,885 |
| aus. 90 min | $Az_{10} = -0,0566 \cdot dc_{LIZ} + 39,309[\%]; R^2 = 0,897$ | aus. 90 min | $Az_{22} = -0,0204 \cdot dc_{LIZ} + 24,996[\%]; R^2 = 0,999$ |
| mat. konst. | A=-0,0566; B=39,309 | mat. konst. | A=-0,0204; B=24,996 |
| AVGI - oblast hAF | | AVGI Heunisch - oblast hAF | |
| aus.30 min | $Az_{11} = -0,065 \cdot dc_{LIZ} + 35,947[\%]; R^2 = 0,809$ | aus.30 min | $Az_{23} = -0,0553 \cdot dc_{LIZ} + 33,747[\%]; R^2 = 0,718$ |
| mat. konst. | A=-0,065; B=35,947 | mat. konst. | A=-0,0553; B=33,747 |
| aus. 90 min | $Az_{12} = -0,0695 \cdot dc_{LIZ} + 35,204[\%]; R^2 = 0,978$ | aus. 90 min | $Az_{24} = -0,0667 \cdot dc_{LIZ} + 33,802[\%]; R^2 = 0,949$ |
| mat. konst. | A=-0,0695; B=35,204 | mat. konst. | A=-0,0667; B=33,802 |

- **Měření počátečního modulu pružnosti.** Je-li pro daný materiál známa konstanta K určená měřeními na štíhlých tyčích, lze s pomocí naměřených hodnot L/L_0 resp. C_R dle příslušné závislosti určit počáteční modul pružnosti E_0 , resp. Rozdíl mezi kaleným a základním stavem dE_{0TZ} a s pomocí tabulek lze usuzovat na mikrostrukturu matrice.

- vztah pro výpočet E_0 :

| Materiál | AGI | AVGI | ADI | AVGI Heunisch |
|-------------|-------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| Výpočet | není určeno | $E_0 = (445 \cdot c_R)^2 [MPa]$ | není určeno | není určeno |
| Konstanta K | není určeno | $K=445$ | není určeno | není určeno |

- tabulka pro určení struktury dle E_0 :

| Mikrostruktura | c_L | dE_{0TZ} |
|----------------|-----------|------------|
| | [GPa] | [GPa] |
| F | 168 | - |
| M, M+dAF | 157 - 154 | 11 - 16 |
| dAF | 152 - 148 | 17 - 20 |
| sAF | 150 - 154 | 18 - 13 |
| hAF | 156 - 161 | 14 - 5 |