



Pohled do vstupního prostoru
View into the entrance area

wolnej konstrukcji dzwonu redystrybucją sił wewnętrznych pozwoliło na zminimalizowanie konieczności jego wzmocnienia. Sprężona belka przestrzenna odwrócona korzystnie wpływa na estetykę wnętrza, służąc równocześnie do umieszczenia wyposażenia scenicznego, oświetlenia, nagłośnienia itp. W kwietniu 2012 roku prace adaptacyjne zostały ukończone i wielofunkcyjny obiekt stał się miejscem wielu koncertów, festiwalu oraz innych imprez kulturalnych i społecznych. Adaptacja zbiornika gazu została nagrodzona przez Czeską Izbę Inżynierów Budownictwa.

Bevezetés

A gáztározót az 1924-25-ös években építették Osztava-Vitkovecban és 1998-ig működött, ekkor 162 év működés után a szomszédos nagyolvasztó üzemelését leállították. A használaton kívüli gáztározót egy új, többfunkciós belső térre alakították, ami kulturális és közösségi eseményeknek ad helyet.

A gáztározó meglévő szerkezetének vizsgálatával és felújításával kezdődött a munka. Ezután a lebegő koronarész szerkezetében ébredő belső erők kedvező eloszlátása érdekében egy előfeszített gerenda és drótkötél tartószerkezeti kombinációt építettek a belső térbe. A koronát megemelték, hogy bámulatot teret biztosítson a nézőtér és a színpad új szerkezeteinek. A gáztározó koronáját beburkolták. Egy nagy üvegezett nyílást alakítottak ki a korona hengerben a nagyolvasztó irányába, valamint szintén ilyen nyílást építettek a tározó alsó, tartály részén a bejárat számára. A 20 m átmérőjű nyílást úgy alakították ki, hogy az új tetőablak mögötti rész burkolatát, a korona csúcsánál eltávolították. A gáztározó felújított belső szerkezetében hatalmas belső tér alakult ki, a módosításokkal kb. 110.000 m³, ahová új acél és beton szerkezeteket építettek be az 1500 fős nézőtér, a színpad, a könyvtár, a szolgáltató és egyéb kiegészítő helységek kialakítása céljából. Ezt az új többcélú csarnokot jelenleg kulturális és közösségi funkcióval hasznosítják.

Az eredeti gáztározó, alapadatok, szerkezet

Eredetileg a gáztározó célja az volt, hogy változó térfogatú gázt állandó nyomáson lehessen vele tárolni. A gáztározó működésének

alapvető elve: a gázt egy gömböcsk fedelű lebegő acél hengerben lehet tárolni, úgy hogy a térfogatváltozás hatására henger emelkedik vagy süllyed a fix alsó hengeres tartályrészhez képest. Ez az alsó rész el van árasztva vízzel, így a bemező hengeres lebegő rész víz-zárral van elkülönítve a környezetétől. A több részből álló lebegő test az illesztéseknél szintén víz-zárral tömített. A maximum tárolható gáztérfogat 50.000 m³ volt.

A tartály átmérője 71,7 m, a vízszint magassága kb. 14 m volt. A korona átmérője 70 m és a magassága a hengerrel 18,5 m, amelyből a tetőburkolat íveltsége 5,3 m.

A hengeres vízálló köpeny szegecselt acéllemezekből áll, amelyek vastagsága 32-10 mm közötti, az aljtól a felső részig haladva csökken a vastagság. A tartály szerkezete tartja a 32 oszlopból álló rácsos szerkezetet, amire a korona fel van függesztve és a gáznyomás szabályozható az oszlopok tetején, a csigákon áthúzott drótkötelek megfeszítésével, elengedésével.

A korona falának vázszerkezetét 32 db zárt acélszelvény pillér alkotja, melyeket három különálló gyűrű tagol alsó, középső és felső szakaszokra, amelyeknek még függőleges merevítése is van. A kupola rész tartószerkezetét sugár irányban elhelyezett 64 db hengerelt acélgerenda, valamint érintő irányban 13 db gyűrű alkotja. A koronaszerkezet 5 mm vastagságú lemez fedi le.

Az eredeti szerkezet ellenőrzése és megújítása

A koronaszerkezetet ideiglenes támasztékokon állva találták, a földfelszín közelében. Az acél szerkezet erősen korrodálódott és sok szerkezeti eleme megsérült. Ezután megtisztították a szerkezetet és korrodált fém alkatrészek vastagságát megmérték 7500 ponton. A szerkezet valódi geometriai méreteit 3D szkenneléssel vették fel. A szerkezet sérült részeit kijavították. A tartály és a korona külső felületének korrózióvédelme is megtörtént. A belső felületet csak egy különleges szuszpenzióval stabilizálták.

A belső erőeloszlás újra szerkesztése a korona kupolájában

Az átalakítás után a gáztározó szerkezetét terhelő erők teljesen mások lettek, mint a rendes üzemi használat során felmerülő erők (ellentételek). Eredetileg a koronát belülről terhelte a gáznyomás és emiatt a záró köpenyelemekben húzó igénybevétel jelentkezett az erők hatására. Emiatt kisebb szerkezet stabilitás is elegendő volt



Vnější pohled na zdvih zvonu plynojemů s novým tamburem
Outside view to heavy lifting of the crown with new card cylinder

ilyen igénybevételnél. Csak a karbantartási szünetek alkalmával volt a fedélszerkezet ellentétes irányban is terhelve.

Az átalakítása után a tetőköpenyt a saját súlya terhelte, és új állandó terhelések (a beépített tetőburkolat, légtechnikai berendezések, tetőablak szerkezetének súlya), valamint új változó terhelések az új technológiákból következően. A szerkezetet nagyobb mértékű klímaterhelési igénybevételekre is ellenőrizni kellett (szél és hő), az EN szabványsorozatnak megfelelően. A tető elemeinek terhelése az új kialakítás miatt nyomó igénybevételre változott és emiatt szükségessé vált a tető szerkezeti stabilitásának ellenőrzése. A határoló gyűrű húzással terhelte.

A korona tetőköpenyének új terhelési körülmények közötti ellenőrzése és a szerkezet részletes vizsgálata során kiderült, hogy mindenképpen szükséges a szerkezet megerősítése. A tetőszerkezet problémáját nem hétköznapi módon oldották meg, egy kiegészítő gerenda + drótkötél térszerkezettel a belső erőkét újra elosztatták és ezzel tehermentesítették azt. Ez a térszerkezet 16 db sugár irányú összekötő rúdból áll, melyek M64-es menettel csatlakoznak az új központi körkörös rácsos gerendákhoz a belső oldalon és a külső oldalon a korona tetőköpeny határoló gyűrűhöz csatlakoznak. Ez a központi rácsos gerendázat kör alaprajzú, ami 22.6 m átmérőjű, 16 oszloppal és keresztartóval van a tetőhöz rögzítve.

Ennek az előfeszített gerenda-drótkötél térszerkezet beépítésének a hatására megtörtént a belső erők előnyös újrendeződése a tetőköpenyben és így már a legtöbb meglévő elem képes a funkcióját ellátni, az új terheléseket viselni. A másik megoldás az lehetett volna, hogy a tető összes elemét meg kellett volna erősíteni. A korona tetőköpenyének határoló gyűrűiben ébredő húzó erő 25%-kal csökkent, és emiatt szükségtelenné vált a 220 m hosszú gyűrű és a sugár irányú gerendázat megerősítése. Csak néhány sugár irányú elemet kellett megerősíteni a korona vázszerkezetének sarkánál. A keresztrudakat feszítőcsavarokkal előfeszítették úgy hogy a beépítés közben nyúlásmérő segítségével folyamatosan mérték a tengely irányú feszültséget. Az előfeszítés optimális értékének meghatározása hatásmátrixszal történt. Ez a mátrix elméleti értékekből és a rudakon beépítés után mért erőkből ámitotta a megfelelő előfeszítési értékeket.

A korona további rekonstrukciója

A koronát előnyösen megerősítették kiemelése előtt, amikor tetőköpeny alsó része 13 m-re és a korona alsó része 1 m-re volt a földszinttől. Kiegészítő rácsos gerendázatot építettek be a tetőköpeny sugár irányú tartógerendái fölé, hogy ezzel helyet biztosítsanak a légtechnikai- és egyéb technológiai berendezések számára. Ez a rácsos szerkezet szintén növelte a tetőt tartó sugár irányú gerendáinak stabilitását. Kialakításra került a nagy 20 m átmérőjű tetőnyílás, a fölé kerülő tetőablakkal, a korona falának két nyílása: egyik, ami a jövőbeni színpad mögött helyezkedik el, a másik pedig a nagyolvasztó irányába nyújt kilátást.

A súlyos korona kiemelése

A felújítás után a 800 tonna súlyú koronát 13 m magasra, a 16 db új rácsos oszlop tetejére emelték, ami egyenként 100 tonna teherbírást hidraulikus emelő segítségével történt. A korona oldalán lévő rácsos pillérek közé az emelés közben fokozatosan építették be a merevítő elemeket. Maga az emelés 11 napig tartott, amely 29 x 460 mm-es technológiai lépésekben történt. Ezután a többi 16 db pillér került az emelésre a már meglévő pillérek közé. Hogy az erőeloszlás teljesen azonos legyen, az új pilléreket hidraulikus emelőkkel mozgatták, melyek a pillérek alá kerültek.

Befejező munkák a gáztárolón

A tető és a homlokzat burkolattal lett elválasztva. A légtechnikai- és egyéb technológiai berendezések a korona külső felülete és a burkolat közé kerültek. Ebben a fázisban a tartály szerkezetét kijavították és átalakították, hogy nagy méretű üvegezett nyílásokat lehessen a homlokzaton kialakítani.

Vasbeton szerkezet

Egy többemeletes monolit vasbeton szerkezetet építettek be, mely alapvetően a belső többcélú létesítmény alakjához és rendeltetéséhez igazodik. Ez a szerkezet a gáztározó meglévő szerkezetétől független.

Az előadóterem acél szerkezete

A kagylóhéj alakú 1450 m² alapterületű előadóterem merevítő acélszerkezete 16 darab ívelt rácsos gerendából áll, amelyek a színpad felé haladnak sugárirányban és ott vannak rögzítve. Kör szelvényű 22 m



Hrubá stavba hlediště a jeviště
Carcassing of auditorium and stage

hosszú oszlopokkal van alulról megtámasztva. Keresztirányú merevítő gerendák tagolják a szerkezetet. A szerkezetet 60 mm vastag beton lapok láncolata és 120 mm vastag beton táblák kötik össze.

Összegzés

Az átalakított gáztároló lélegzetelállító belső tere ideális többfunkciós koncertteremmé vált. A meglévő szerkezet előfeszítésével sikerült a belső terhelő erők eloszlását kedvezően befolyásolni, így csak az öreg szerkezet minimális módosítására volt szükség. Az előfeszített gerenda + sodrony szerkezet esztétikus látványt nyújt és használható hangszórók és világító eszközök rögzítésére is. Az átalakítás 2012 áprilisi befejezése óta az új többfunkciós csarnok sok koncert, fesztivál és egyéb kulturális és közösségi rendezvény központjává vált. A gáztároló átalakításának műszaki megoldását a Cseh Mérnöki Kamara is díjazta.

Constructional and architectural description

Introduction

The gasholder was built in the years 1924-1925 in Czech town Ostrava – Vítkovice and served until 1998 when the iron production in adjacent blast furnaces was terminated after 162 years of operation. The out of service gasholder was converted into a new multipurpose hall used for cultural and social activities.

The inspection and refurbishment of existing structure of the gas holder has been carried out first. Then favourable redistribution of internal forces in the roof shell of the floating part of gasholder (crown) was achieved by installing a space prestressed beam-string structure on it. The crown was lifted up to create amazing space for new structures of auditorium and stage. The crown of the gasholder was covered by the cladding. A huge glassed opening in crown cylinder towards blast furnace and a great glassed opening in the bottom part of gasholder (tank) for entrance area were carried out. The new opening of diameter 20m was created by removing the covering plate beyond the newly installed skylight at the top of the cap of the crown. Inside the refurbished structure of the gasholder a gigantic space of approximately 110,000 cubic meters arose, where new steel and con-

crete structures of auditorium for 1500 spectators, stage, library and other service and adjacent objects were built. The new multipurpose hall is used for cultural and social activities at present.

Original gasholder, basic data, structure

The original purpose of the gasholder was to store variable volume of gas with a constant pressure. The gasholder operated on a basic principle of storing the gas inside a floating steel part with spherical roof shell (crown), rising and falling in water seal in the fixed bottom cylindrical part (tank). Maximum gas volume was 50,000 cubic meters.

The diameter of the tank is 71.7 meters; height of the water level was about 14 meters. The diameter of the crown is 70 meters and the height is 18.5 meters including of the roof shell camber 5.3 meters.

Cylindrical waterproof shell, riveted steel structure of the tank consists of the plate of thickness 32 – 10 mm descending from the bottom to the top. Structure of the tank supports from outside 32 lattice columns on which the crown was hung and the pressure of the gas was determined by the weight of the barney hanging on the rope leading over the pulleys at the top of the columns .

The wall of the crown is created by 32 box columns and three rings, bottom, upper and middle one, stiffened by vertical bracing. The cap consists of 64 radial rolled beams and 13 tangential rings. The structure of the crown is covered by a plate of thickness 5mm.

Inspection and refurbishment of the original structure

The structure of the crown was found lying on the temporary supports near the ground. The steel structure was heavily corroded and a lot of parts of the structure were damaged. The structure was cleaned and thickness of the corroded steel parts was measured on 7500 points. True geometry of the structure was measured by 3D scanning. The damaged parts of the structure were repaired. The corrosion protection was carried out on the outer surface of tank and crown. The inner surface was stabilized by special suspension only.

Redistribution of internal forces of the shell roof of the crown

After the conversion, the loads acting on the steel structures of the gasholder are significantly different (opposite) compared to the loads on the gasholder in original service. Originally, the crown was loaded by gas pressure from inside and the roof shell elements were stretched.



Pohled do klenby, vzpínadlo a otvor ve vrcholu
View to the dome, beam string structure and opening in the cap



Montáž a předpínání vzpínadla
Erection and prestressing of the beam string structure

Hence, it was not necessary to solve stability problems. Only in case of maintenance break, the roof was loaded in opposite direction .

After conversion, the roof shell is loaded by its own weight and new permanent loads (roof cladding, air conditioning units, sky-light structure, etc.) and by new variable loads from new technologies. The structure is also loaded by higher values of climatic loads (wind and snow), which correspond to the standards of the EN series. The roof elements are due to these "new" loads compressed and the stability of the roof shell had to be checked. On the other hand the border ring is stretched.

The analysis of the roof shell of the crown under the new loading conditions and the detail inspection of the structure confirmed the necessity of reinforcement of the structure. The problem of the unsatisfactory roof shell elements was unconventionally solved by redistribution of internal forces thanks to additional prestressed space beam string structure. This space structure consists of 16 radial tie rods with threads M64 connected to the new central circular truss beam on the inner side and to the existing border ring of the roof shell of the crown on the outer side. The central truss beam has a shape of a circular ring of diameter 22.6 meters. This beam is braced to the roof by 16 columns and 16 diagonals.

This additional prestressed space beam string structure ensured favourable redistribution of the internal forces in the roof shell, so that most of the existing elements satisfied their new function, new loads etc. This solution was used instead of reinforcing almost all elements of the roof shell. The tensile forces in the border ring of the roof shell of the crown were reduced by about 25%; therefore it was not necessary to reinforce the 220 meters long ring and the existing radial beams. Only some tangential elements near the frame corners of the crown had to be reinforced. The tie rods were prestressed by turnbuckles, the axial stresses (forces) were measured on-line during erection by means of strain gauges. The optimal procedure of prestressing the tie rods was prepared using the influence matrix. This matrix was calculated on the basis of theoretical values and measured forces in the tie rods after erection.

Additional reconstruction of the crown

The crown was advantageously reinforced before lifting, when the bottom edge of the roof shell was at height about 13 meters and the

bottom edge of the crown was at height about 1 meter above the ground level. Also additional lattice girders above the existing radial beams of the cap were installed to create space for air conditioning and other technologies. These lattice girders also improved stability of the roof shell girders. The great opening in the top of the roof shell of diameter 20m, new skylight above it and opening for large glass window in the wall of the crown behind the future stage and towards the blast furnaces were carried out.

Heavy lifting of the crown

After reconstruction, the crown of the weight of 800tons was lifted into the height of 13 meters climbing onto 16 new lattice columns using 16 synchronized hydraulic jacks of load bearing capacity 100 tons. The legs of the lattice columns were situated on both sides of the crown and bracing members were gradually added below the rising crown. Lifting was completed within 11 days using 29 technological steps 460mm each. Then, additional 16 columns were added between the columns used for lifting. To ensure identical forces in all 32 columns, the new columns were activated by hydraulic jacks situated under the bottom part of columns.

Completion works on the gasholder

The roof and the facade of the crown were isolated by cladding. Air conditioning units and other technologies were added in between the outer surface of the crown and cladding. The structure of the tank was repaired and modified for large-scale glass opening in facade in this phase.

Concrete structure

Multi-storey structure was built from reinforced cast in situ concrete and determined basic shape and function of the internal multipurpose object. The structure is independent on the existing structure of the gasholder.

Steel structure of the stage

The steel structure of the stage consists of 16 lattice frames anchored to the concrete structure at level +12m above ground of the gas-holder. The structure serves to carry various types of concert and theatre technology, 18tons on each frame.



První koncert při slavnostním otevření
First concert at the opening ceremony

Steel structure of the auditorium

The scallop shaped auditorium with area of 1450 m² consists of 16 arched lattice girders radially situated towards the stage where they are anchored. They are supported by circular columns of length 22m at the back. Tangential bracing girders ensure the space acting of the structure. The structure is connected with the concrete slab consisting of 60mm thick filigrees with additional concrete plate of thickness 120mm.

Conclusions

Amazing inner space of the converted gasholder was found as an ideal place for the multipurpose concert hall. Prestressing of the existing structure of the crown enabled favorable redistribution of internal forces and minimized necessary refurbishment works on the old structure. The prestressed space beam string structure also supports inner aesthetic outlook and serves for installation of various concert technology as lights, loudspeakers, etc. Since April 2012, when the conversion of the gasholder was finished, the new multipurpose hall became a center of many concerts, festivals and other cultural and social events. The conversion of the gasholder was awarded by Czech Chamber of Authorized Engineers.